

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

**Katedra environmentálního inženýrství**

**EKOLOGICKÁ ANALÝZA DRUHU SOLIDAGO CANADENSIS  
V PODMÍNKÁCH STRUSKO-POPÍLKOVÉHO ODKALIŠTĚ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor:**

**Ludmila Majewská**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Hana Švehláková**

**Ostrava 2018**

**VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**

**FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**

**Department of Environmental Engineering**

**ECOLOGICAL STUDY OF SPECIES SOLIDAGO CANADENSIS  
AT FLY ASH DEPOSITS**

**BACHELOR THESIS**

**Author:**

**Ludmila Majewská**

**Supervisor:**

**Ing. Hana Švehláková**

**Ostrava 2018**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ludmila Majewská**

Studijní program: B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství

Téma: **Ekologická analýza druhu *Solidago canadensis* v podmínkách strusko - popílkového odkaliště**  
Ecological study of species *Solidago canadensis* at fly ash deposits

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Úvod a cíl bakalářské práce
- 2) Charakteristika odkaliště Energetiky Třinec, a.s. - přírodní poměry, vznik, historie, využití území
- 3) Charakteristika druhu *Solidago canadensis*
- 4) Metodika (terénní práce, sběr a vyhodnocení dat)
- 5) Výsledky a diskuze
- 6) Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

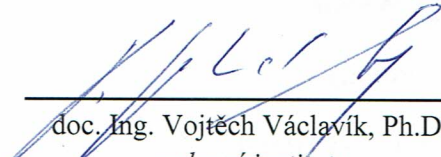
- CHYTRÝ, M., KUČERA, T., a KOČÍ, M. Katalog biotopů České republiky: interpretační příručka k evropským programům Natura 2000 a Smaragd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2001. ISBN 80-86064-55-7
- CHYTRÝ, M.; PYŠEK, P. Kam se šíří zavlečené rostliny? 2. Invadovanost a invazibilita rostlinných společenstev. Živa, Praha: Academia, 2009, roč. č. 2, s. 60 -63. ISSN 0044 -4812.
- MLÍKOVSKÝ, J., STÝBLO, P. (eds.). Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP, 2006. ISBN 80-86770-17-6.
- PYŠEK, P., CHYTRÝ, M., MORAVCOVÁ, L., PERGL, J., PERGLOVÁ, I., PRACH, K. SKÁLOVÁ, H. Rostlinné invaze v České republice: situace, výzkum a management. Praha: Česká botanická společnost, 2008. 222 s. Zprávy České botanické společnosti, Materiály 23. ISBN 80-86632-11-3.
- SHIBU, J., SINGH, H.P., BATISH, D.R., KOHLI, R.K., Invasice Plant Ecology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 384 s., ISBN 978-1-4398-8126-2
- TICHÝ, L., PYŠEK, P. (eds.). Rostlinné invaze. Vyd. 1. Brno: Rezekvítek, 2001. ISBN 80-902954-4-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

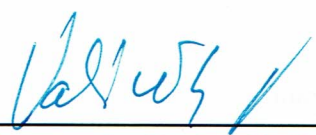
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Švehláková**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.  
vedoucí institutu



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jan Valíček, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Prohlášení autora bakalářské práce**

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2018

*Majewska*  
.....  
**Ludmila Majewská**

### **Poděkování:**

Těmito řádky bych chtěla poděkovat především paní Ing. Haně Švehlákové za odborné vedení této práce, její zkušenosti a cenné rady a vstřícný, pohodový přístup v terénu i během konzultací. Dále děkuji svým blízkým za ochotu, pomoc a asistenci během terénních prací, spolužákům a také všem, kteří mě podporovali a provázeli během celého bakalářského studia.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá základy pro ekologickou analýzu invazního rostlinného druhu *Solidago canadensis* rostoucího v prostředí strusko-popílkového odkaliště v Třinci – Dolní Líštné.

Teoretická část charakterizuje zájmové území z hlediska vzniku, využití a popisu odkaliště a na něm panujících přírodních poměrů. Dále je zde uvedena problematika nepůvodních druhů a ekologických invazí, především v naší republice, a významná část je věnována různorodým vlastnostem a popisu samotného studovaného druhu zlatobýlu kanadského (*Solidago canadensis*).

Praktická část je zaměřena na metodiku prací prováděných v terénu i laboratoři, popis zkoumaných ploch, dále se věnuje způsobům analýzy dat v programech JUICE a Turboveg a také postupu určení rostlinných svazů. Výsledky jsou zde rozepsány pro jednotlivé plochy i celkově pro zkoumané biotopy.

**Klíčová slova:** odkaliště, *Solidago canadensis*, fytocenologická analýza, management

## **Summary**

This bachelor thesis deals with the basics for the ecological analysis of the invasive plant species *Solidago canadensis*, growing in the environment of the slag and fly ash waste pond in Třinec – Dolní Líštná.

The theoretical part characterizes the interest area in terms of the origin, use and description of the waste pond and its natural conditions. There is also mentioned the issue of non-native species and ecological invasions, especially in Czech Republic, and a significant part is devoted to various characteristics and description of the studied species Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*).

The practical part is focused on the methodology of the field and laboratory work, description of the studied areas, methods of data analysis in the JUICE and Turboveg programs as well as the process of determination of plant associations. The results here are described for the individual areas and for the surveyed biotopes, too.

**Key words:** waste pond, *Solidago canadensis*, phytosociological analysis, management

# OBSAH

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod .....</b>                                             | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Charakteristika odkaliště v Třinci – Dolní Líštné.....</b> | <b>2</b>  |
| 2.1      | Vznik, využití a popis území.....                             | 2         |
| 2.2      | Přírodní podmínky území.....                                  | 4         |
| <b>3</b> | <b>Nepůvodní druhy a ekologické invaze .....</b>              | <b>7</b>  |
| 3.1      | Základní pojmy .....                                          | 7         |
| 3.2      | Historický vývoj nepůvodních druhů.....                       | 9         |
| 3.3      | Vlastnosti invazních druhů rostlin .....                      | 10        |
| 3.4      | Problematika introdukce a invaze .....                        | 10        |
| 3.5      | Současný stav nepůvodních druhů u nás.....                    | 12        |
| 3.6      | Studium a předpověď invazí .....                              | 13        |
| <b>4</b> | <b>Charakteristika druhu <i>Solidago canadensis</i> .....</b> | <b>15</b> |
| 4.1      | Taxonomické zařazení .....                                    | 15        |
| 4.2      | Popis.....                                                    | 16        |
| 4.3      | Výskyt .....                                                  | 17        |
| 4.4      | Rozmnožování.....                                             | 18        |
| 4.5      | Podmínky ovlivňující růst a šíření .....                      | 19        |
| 4.6      | Vztah k půdnímu prostředí.....                                | 20        |
| 4.7      | Vztah k člověku.....                                          | 21        |
| 4.8      | Příbuzné druhy a křížení .....                                | 22        |
| <b>5</b> | <b>Metodika.....</b>                                          | <b>23</b> |
| 5.1      | Průzkum terénu a výběr ploch.....                             | 23        |
| 5.2      | Fytocenologická analýza vybraných ploch .....                 | 24        |
| 5.3      | Zápis a zpracování dat v počítačových programech .....        | 31        |
| 5.4      | Postup určení společenstev .....                              | 33        |
| 5.5      | Plošky pro monitorování zájmového druhu .....                 | 34        |
| <b>6</b> | <b>Výsledky .....</b>                                         | <b>37</b> |
| 6.1      | FC1 a monitorovací ploška č. 1.....                           | 37        |
| 6.2      | FC2 a monitorovací ploška č. 2.....                           | 38        |
| 6.3      | FC3 a monitorovací ploška č. 3.....                           | 39        |
| 6.4      | FC4 a monitorovací ploška č. 4.....                           | 41        |



|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| 6.5      | FC5 a monitorovací ploška č. 5.....             | 42        |
| 6.6      | FC6 a monitorovací ploška č. 6.....             | 44        |
| 6.7      | FC7 a monitorovací ploška č. 7.....             | 45        |
| 6.8      | FC8 a monitorovací ploška č. 8.....             | 46        |
| 6.9      | Určené svazy společenstev.....                  | 48        |
| 6.10     | Celkový přehled výsledků.....                   | 49        |
| <b>7</b> | <b>Diskuse.....</b>                             | <b>51</b> |
| <b>8</b> | <b>Závěr.....</b>                               | <b>53</b> |
|          | <b>Seznam použité literatury.....</b>           | <b>1</b>  |
|          | <b>Seznam použitých zkratk.....</b>             | <b>6</b>  |
|          | <b>Seznam uvedených rostlinných taxonů.....</b> | <b>6</b>  |
|          | <b>Seznam obrázků.....</b>                      | <b>8</b>  |
|          | <b>Seznam grafů.....</b>                        | <b>9</b>  |
|          | <b>Seznam tabulek.....</b>                      | <b>10</b> |
|          | <b>Seznam příloh.....</b>                       | <b>10</b> |

## 1 ÚVOD

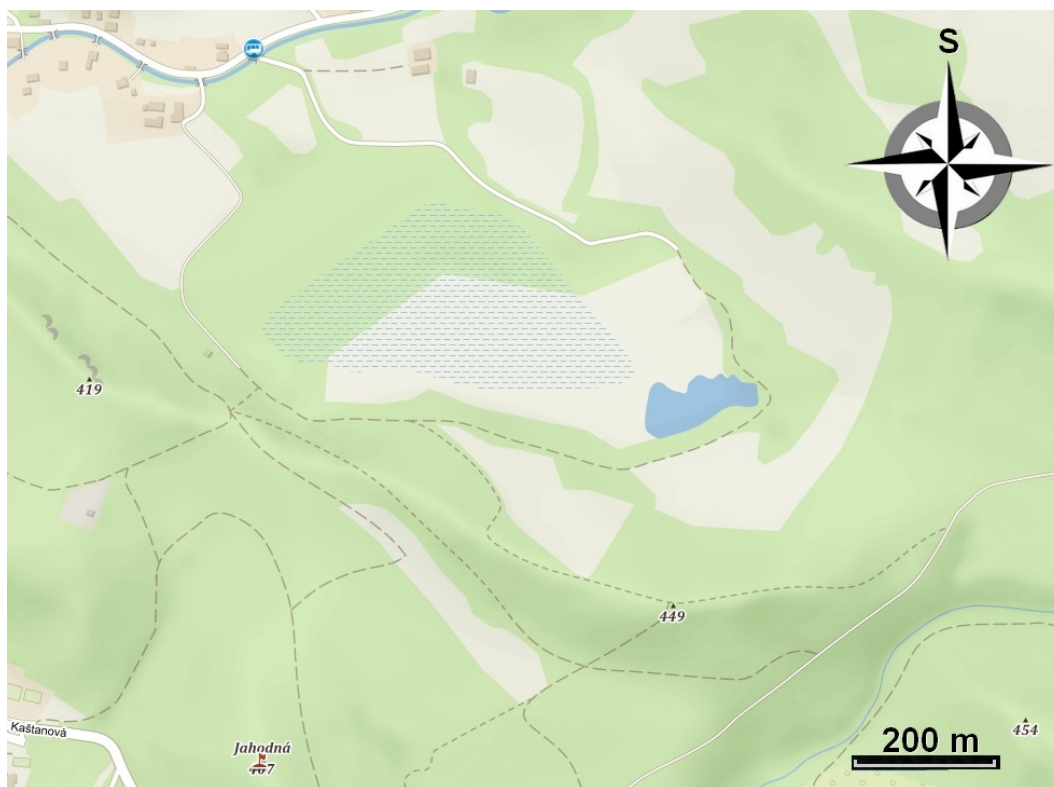
Cílem této bakalářské práce je položit základy pro možnou budoucí ekologickou analýzu invazního rostlinného druhu *Solidago canadensis* – dnes již běžné rostliny v naší člověkem ovlivněné krajině, která si našla nové prostředí k životu i na území bývalého složiště popílku a strusky.

Nepůvodní a invazní druhy jsou v současnosti velkým tématem, neboť ještě donedávna si člověk příliš neuvědomoval, jak moc svými činnostmi zasahuje do zaběhnutého dění přírody. Až poslední dobou se začínají odkrývat nečekané souvislosti v ekosystémech a důsledky lidského vlivu na životní prostředí. Jedním z mnoha příkladů může být i zmíněná bylina zlatobýl kanadský, která je u nás z pohledu zdejší paměti krajiny stále ještě nepoznanou novinkou. Zvláště v nových, člověkem silně přetvořených územích se tento druh teprve začíná zkoumat. Právě proto je tato práce věnována studiu zlatobýlu kanadského v prostředí strusko-popílkového odkaliště.

Hlavním cílem této práce je tedy vyhodnocení fytocenologického výzkumu prováděného spolu s monitorováním fitness jedinců druhu *Solidago canadensis* v zájmové lokalitě.

## 2 CHARAKTERISTIKA ODKALIŠTĚ V TŘINCI – DOLNÍ LÍŠTNÉ

Zájmová oblast, ve které probíhal terénní výzkum, se nachází v Moravskoslezském kraji, katastru obce Třinec, v městské části Dolní Líštná. Místní odkaliště se rozkládá asi 600 m směrem na severovýchod od vrchu Jahodná (viz Obrázek 1), v nadmořské výšce od 390 do 400 m a jeho vlastníkem je Energetika Třinec a.s. (Bobková, 2010).



Obrázek 1: Mapa území (Mapy.cz, 2018 – upraveno autorem)

### 2.1 Vznik, využití a popis území

Původně se na tomto území nacházel lesní porost. Po jeho vykácení zde zůstaly louky a pastviny pro dobytek. Během vzniku Třineckých železáren bylo potřeba zajistit dodávky tepla a elektřiny na jejich provoz, proto byla v roce 1962 postavena společností Energetika Třinec, a.s. teplárna E3.

Přehrazením původního údolí kamenitou hrází vysokou 5 m tak vzniklo odkaliště, aby se na něj mohla ukládat strusko-popílková směs vznikající jako odpad po spalování černého uhlí ve zmíněné teplárně. Tuhý odpad se mísil s vodou a hydraulicky dopravoval popelovodem (kalovodem) na plochu odkaliště. Takto zde bylo ukládáno v průměru 100 000 t odpadu ročně a to od 60. let 20. století do roku 1998 (Bobková, 2010).

Na odkaliště se pohlíží, díky vodní povaze dopravovaného odpadu, jako na vodohospodářské dílo s ohraničeným prostorem (přírodně, či uměle vytvořeným) pro uskladňování hydraulicky dopravovaného odpadu (kalu). Ten je tvořen dopravní vodou, plynnou fází a tuhou složkou, která na ploše odkaliště postupně sedimentuje. Plyny se uvolňují do atmosféry a odsazená voda se pak přirozeně vypařuje, nebo prosakuje do podloží. Částečně zůstává v sedimentu.

Tuhý odpad je tvořen především **popelem** (zrnitost  $> 2$  mm), tedy obecně tuhým zbytkem vznikajícím spalováním tuhých paliv, kam patří i černé uhlí pohánějící třineckou teplárnu. Vedle popelu se rozlišuje jemnější **popílek** (0,02-2 mm) a **úlet**, který má charakter prachu ( $< 0,02$  mm). Popel se dá rozčlenit na **škváru** (žárem spečené tuhé zbytky se zrností cca 100 mm i více) a **strusku** (žárem roztavené tuhé, sklovité a porézní zbytky o velikosti do 20 mm, ale často i více než 40 mm). Obsah organických látek v odpadu je malý.

Suchá směs těchto složek má pak strukturu připomínající písčité nebo šterkovité zeminy, a přestože nebývá chemicky příliš aktivní, může mít kontaminační účinky. Ku příkladu úlet obsahuje oxid siřičitý a sírový, které po reakci s vápníkem mohou kontaminovat půdu a vodu. Výluh z popela často obsahuje chloridy a sírany, popel navíc může zvýšit radioaktivní pozadí prostředí (Votruba, 1984).

Po ukončení ukládání odpadu se území třineckého kaliště začalo vysoušet a postupně rekultivovat. Některé stupně v jeho hrázovém systému byly pokryty orníci a osety travní směsí, nejspodnější úrovně byly zalesněny.

Celé odkaliště se rozkládá na ploše 11,8 ha a na východním okraji jej tvoří 13 teras, které jsou vysoké 3 m a široké 5-7 m. Díky postupnému navršování vznikl hrázový systém, jehož dnešní výška činí 38 m. Nejvýše položená a nejmladší hráz (Obrázek 2) je široká 4,5 m a je odvodňována díky šterkovému filtru a drenáži, která zároveň poskytuje hrázi stabilitu. Naopak v nejnižším bodě tohoto složiště se nachází přepadová věž (Obrázek 3), kterou odtéká přebytečná voda z hladiny vodní plochy odkaliště do recipientu (Bobková, 2010).



Obrázek 2: Nejvýše položená okrajová hráz  
(Majewská, 2017)



Obrázek 3: Přepadová věž a vodní plocha  
odkaliště (Majewská, 2017)

## 2.2 Přírodní podmínky území

Pro úplnější charakteristiku území je důležité přiblížit také místní přírodní poměry, a to z hlediska klimatu, podloží, půdy, vodního režimu a bioty.

### 2.2.1 Klimatické poměry

Klimatická oblast v této lokalitě patří mezi **chladné a na srážky bohaté** (geoportal.gov.cz, 2018). Průměrný roční úhrn srážek se zde pohybuje mezi 860-960 mm, průměrná dlouhodobá roční teplota okolo 7-8 °C (www.pod.cz, 2004). Dle Quitta (1971) patří celý Třinec do klimatické oblasti MT9, jejíž charakteristika je uvedena v Tabulce 1.

Tabulka 1: Základní charakteristika klimatické oblasti MT9 (Quitt, 1971)

|                                                                  |         |
|------------------------------------------------------------------|---------|
| Počet dní s max. teplotou vzduchu $\geq 25$ °C (letních)         | 40-50   |
| Počet dní s tep. alespoň 10 °C                                   | 140-160 |
| Počet dní s min. teplotou vzduchu $\leq -0,1$ °C (mrazových)     | 110-130 |
| Počet dní s max. teplotou vzduchu $\leq -0,1$ °C (ledových)      | 30-40   |
| Počet dní se srážkami alespoň 1 mm                               | 100-120 |
| Srážkový úhrn ve vegetačním období (duben-říjen) [mm]            | 400-450 |
| Srážkový úhrn v zimním období (listopad-březen) [mm]             | 250-300 |
| Počet jasných dní (průměrná oblačnost dne $\leq 20$ % oblohy)    | 120-150 |
| Počet zatažených dní (průměrná oblačnost dne $\geq 82$ % oblohy) | 40-50   |

### 2.2.2 Geomorfologie a geologie

Geomorfologicky lze oblast zařadit do provincie Západní Karpaty, subprovincie Vnější Západní Karpaty, oblasti Západní Beskydy, celku Slezské Beskydy, podcelku Čantoryjská hornatina a okrsku Nýdecká vrchovina (Demek et al., 2006).

Z hlediska geologie se na tomto území nacházejí sedimentární horniny čtvrtohor. Konkrétněji **mezozoické pískovce a jílovce a alpinsky zvrásněné pískovce a břidlice**. Možný je zde výskyt kvartérních **hlín, spraší, písků a štěrků** (Dzivá et al., 2016).

### 2.2.3 Pedologické poměry

Přírozně se v zájmové oblasti vyskytuje **primární pseudoglej a kambizem dystrická a typická**. První jmenovaný půdní typ se často tvoří v rovinatém území na uloženinách s vyšším obsahem jílu. Tyto méně úrodné půdy bývají pokryty trvalým travním porostem. Hnědé půdy kambizemí se tvoří spíše na svazích pahorkatin, jsou dost porézní a poměrně úrodné (Dzivá et al., 2016).

Samotné území odkaliště však netvoří tyto půdní typy, protože složiště odpadu je od původního podloží uměle odděleno. Půdní substrát je zde tvořen hlavně frakcemi popele, popílkem a úletem. Dá se tedy označit jedinečně za **antropozem**, která kvůli svému původu obsahuje **málo organického podílu**. Ukládaný popel obsahuje kromě jiného i křemík, hořčík a železo (Votruba, 1984). Několik ploch odkaliště je pokryto dovezenou zeminou neznámého původu.

Podle výzkumu zaměřeného na obsah těžkých kovů v půdě a plodnicích některých hub je v této lokalitě **zvýšená koncentrace kadmia, olova**, a místy i **zinku**. U mědi ani niklu nebyly zjištěny zvýšené koncentrace v půdě (Pacner, 2005).

### 2.2.4 Hydrologické poměry

Vodní režim odkaliště je ovlivňován jeho umístěním i stavbou. Voda, která se dostane na plochu uložiště a nevsákne hlouběji do podloží, se časem spádem shromažďuje v jeho jihovýchodní části a vytváří vodní plochu. Hladina tohoto „rybníku“ je vyrovnávána přepadovou věží, odkud je území odvodňováno do říčky Líštnice, která nedaleko centra Trínce ústí do řeky Olše. Ta se v Bohumíně vlévá do Odry, proto zájmové území spadá do povodí této řeky (geoportal.gov.cz, 2018).

### 2.2.5 Potenciálně přirozená vegetace

Pokud by do zdejšího vývoje nijak nezasahoval člověk, byla by **přirozeně** na tomto území vegetace **lipové dubohabřiny** (*Tilio-Carpinetum*) (geoportal.gov.cz, 2018). Tyto lesy jsou tvořeny typicky habrem obecným (*Carpinus betulus*), duby zimními nebo letními (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) s příměsí lípy srdčité (*Tilia cordata*), často vyvinutým keřovým patrem a výrazným jarním aspektem s geofyty (Chytrý et al., 2010). Lipové dubohabřiny porůstají rovinaté plochy a mírné svahy výšek 250-400 m n. m., zvyšují retenci vody v krajině a jsou schopny podporovat její odolnost vůči antropogenním kontaminantům z průmyslových činností (Neuhäuslová, 1998).

### 3 NEPŮVODNÍ DRUHY A EKOLOGICKÉ INVAZE

Invaze nepůvodních druhů organismů patří v současnosti k nejvýznamnějším ekologickým problémům. Nejedná se však o novou záležitost. Člověk svou činností šířil biologické druhy podle svých potřeb už od ranných stádií zemědělství. Spolu s žádanými užitkovými druhy plodin přenášel i rostliny a živočichy, například jejich škůdce, které neměl v plánu šířit. Tak jednoduše začala éra, ve které se krajiny všude po světě potýkají s náhlým výskytem nepůvodních druhů.

Následující odstavce popisují základní pojmy již se zaměřením na rostlinné invaze.

#### 3.1 Základní pojmy

Předchozí naznačený princip přenášení druhů se odborně nazývá **introdukcí**, jako český ekvivalent se používá **zavlečení**. Přesněji řečeno se jedná o situaci, kdy rostlinný druh překoná přirozené geografické bariéry, jako jsou jiná klimatická pásma, rozsáhlé vodní plochy (moře, oceány), pásma pohoří apod., prostřednictvím člověka (Lipský et al., 2004). Rostlinný druh se může dostat na nové území i přirozenou cestou. V obou případech se však takový **druh** označuje za **nepůvodní**, protože svůj původní areál výskytu má na jiném území (Chytrý et al., 2009a).

Takový introdukovaný druh se v novém prostředí může zachovat různě. Buď neobstojí mezi konkurenčně zdatnějšími původními druhy a bez lidské podpory zanikne (**přechodně zavlečený druh**), nebo se naopak dokáže úspěšně množit a na novém stanovišti zůstat. Takové rostlinné **druhy** se pak označují jako **naturalizované**, **etablované** neboli **zdomácnělé** (Lipský et al., 2004).

Některé z nich jsou natolik v novém prostředí zdatné, že se vyvinou v **druhy invazní**. Jedná se o naturalizované druhy, které se územím šíří rychle a na velké vzdálenosti od mateřské populace (Chytrý et al., 2009a). Současně tak z území vytlačují domácí druhy. **Invaze** je tak proces, kdy se šíří nepůvodní a člověkem zavlečený druh. Rostlinné druhy při něm překonávají různé ekologické překážky a mění hranice svého areálu (Lipský et al., 2004).

V případě, že druh mění své rozšíření přirozenou cestou, bez přispívání člověkem, mluví se o **migraci**. Zvyšovat počet stanovišť v krajině a rozšiřovat tak svůj areál výskytu



mohou i druhy, které jsou na daném území původní. Takové původní druhy, chovající se podobně jako invazní, se označují jako **expanzivní** (Lipský et al., 2004).

Biologické vlastnosti druhu, jenž mají za následek zvýšení pravděpodobnosti k invaznímu chování, jsou známy jako **invazivnost**. Jejich poznání může v budoucnu umožnit vysledovat druhy, které mají větší potenciál k invaznímu rozšiřování v krajině (Chytrý et al., 2009a).

Prostředek, pomocí něhož se druh přesouvá na nové stanoviště se nazývá **vektor**. Většinou se jedná o zařízení jako je letadlo, loď apod. (Mlíkovský et al., 2006). Za vektor se někdy považuje i určitá oblast lidské činnosti.

Na šíření invazního druhu se dá pohlížet i ze strany společenstva, do kterého se dostává. Pro tyto účely se rozlišují dva pojmy – invadovanost a invazibilita.

**Invazibilita** společenstva (příp. ekosystému, biotopu) ukazuje jeho citlivost nebo náchylnost k invazím. Každé společenstvo je náchylné jinak, v invazibilním společenstvu přežívají nepůvodní druhy dobře. Nezávisí přitom na počtu proniklých druhů, je ovlivněna schopností invazních druhů přežít v novém společenstvu. Závisí při tom na extrémních klimatu, vlivu herbivorů, patogenů, na konkurenčním tlaku ze strany původních druhů, přizpůsobení danému společenstvu ze strany druhu nepůvodního a dalších okolnostech. Opakem k invazibilitě je **rezistence (odolnost)** vůči invazi nepůvodních druhů.

**Invadovanost** je úroveň invaze, vyjadřuje počet nebo podíl nepůvodních druhů (příp. jedinců), které v lokalitě žijí. Obecně jsou více invadovány ostrovy nežli pevnina, Nový svět více než Evropa a nížiny více než horké oblasti. U nich je to z části dáno řidším osídlením a dopravou v horách a částečně „nížinnou bariérou“. Diaspory, které by přežily v horských podmínkách totiž většinou musí putovat skrz klimaticky odlišná údolí (Chytrý et al., 2009a). V případě Ameriky je důvodem evropská kolonizace, kdy Evropané na nově objeveném území začali pěstovat nepůvodní dovezené plodiny. Nejvíce jsou takto ovlivněny USA, Austrálie, Nový Zéland a jih Afriky (Lipský et al., 2004).

Je důležité poznamenat, že společenstvo může být invadováno málo, přestože je velmi citlivé vůči invazím. Stává se tak při velmi malém přísunu diaspor nepůvodních druhů do společenstva. Naopak se může vyskytnout společenstvo poměrně odolné, avšak silně invadované kvůli velkému počtu zavlečených, druhově nepůvodních diaspor. To je typické např. pro vegetaci v okolí lidských sídel a komunikací (Chytrý et al., 2009a).

### 3.2 Historický vývoj nepůvodních druhů

Za nepůvodní druhy se u nás označují veškeré druhy, které se zde nevyskytují přirozeně od konce posledního glaciálu (doby ledové), tedy přibližně 10 000 let nazpět. Jako počátek neúmyslného i úmyslného zavlečení druhů se považuje období přibližně 5 300 př. n. l., kdy se vliv lidské činnosti začal výrazně lišit od vlivu ostatních druhů savců (Mlíkovský et al., 2006). Pro přehlednost se podle doby svého zavlečení na nové území rozdělují nepůvodní druhy na archeofyty a neofyty. **Archeofyty** se rozumí druhy introdukované přibližně před rokem 1500, **neofyty** jsou zavlečené druhy zhruba po tomto roce (Chytrý et al., 2009b).

Období kolem roku 1500 je spojeno s průlomovým objevením Ameriky. V této době Evropané podnikali četné zámořské plavby do Nového světa a prolomili tím ekologické bariéry dělící dva světadíly. Evropské druhy si díky dlouhému vývoji po boku člověka, který je vystavoval častým a specifickým disturbancím, vytvořily díky zpětné vazbě vyšší invazní potenciál neboli invazivnost. To pak výrazně přispělo k mnohem vyšší invadovanosti Ameriky. V Evropě i na našem území nebyla situace zdaleka tak dramatická, protože úmyslný tok rostlin v té době byl dost jednostranný. Přesto došlo k introdukci nepůvodních druhů i na naše území (Pyšek et al., 2004).

Do Česka se v dávné minulosti dostávalo množství nepůvodních druhů z Asie, protože právě odtud vedly do Evropy frekventované obchodní stezky, ale většina archeofytů se k nám dostala ze Středomoří (Mlíkovský et al., 2006).

Neofyty není naše krajina tolik zasažena, jako jiné státy, ale i v Česku rychle roste vliv invaze takovýchto nepůvodních druhů. Na české území se severoamerické druhy dostaly především přes **labskou cestu** pomocí lodní dopravy. Labe sloužilo jako obchodní stezka pro dovoz olejnin, sóji a hlavně obilnin (Lipský et al., 2004). V současnosti se jedná o hlavní cestu pro introdukci druhů do našeho území. Další možností pro průnik nepůvodních druhů na naše území je tzv. **panonská cesta**. Dunají a řekou Moravou se k nám dostávají druhy dovozem hlavně z Balkánského poloostrova (Mlíkovský et al., 2006). Od jihovýchodu se k nám v minulosti dostaly hlavně polní plevy ze Středomoří a Blízkého východu. Z Ruska a východu Asie se na české území dostalo mnoho druhů jako doprovod dováženého obilí po železnici (Lipský et al., 2004).

V současnosti se hojně přemísťují nepůvodní druhy leteckou dopravou. Ta poskytuje hustou a frekventovanou síť pohybu zboží i osob a tím i možnost dalších zavlečení (Mlíkovský et al., 2006).

### 3.3 Vlastnosti invazních druhů rostlin

Z introdukovaných druhů se jen velmi malá část stane opravdu invazní, odhady hovoří o vzniku maximálně 2-3 invazních druhů ze sta zavlečených. Jejich jedinci dokážou dokonale využít místní zdroje, mohou podporovat erozi, akumulovat velké množství opadu, být zdrojem nových chorob, poskytovat útočiště škůdcům, nebo mít i jiné strategie (Tichý et al., 2001). Znesnadňují tak svou přítomností existenci domácích druhů.

Invazní rostliny jsou charakteristické vysokou plodností, schopností snadno se rozšiřovat, dostatečnou klíčivostí semen a díky rychlému růstu velkou produkcí rostlinné biomasy. Aby byla invaze úspěšná, je důležité i klima. To by se mělo ideálně podobat klimatu v místě původního výskytu. Významnou roli hraje i nepřítomnost přirozených škůdců (Lipský et al., 2004).

Plody, semena a další diaspory se nesmí příliš často stávat potravou pro hlodavce, ptáky a hmyz, také nesmí zplesnivět. Velmi důležité jsou vhodné podmínky stanoviště pro prospívání semenáčků, a i vzrostlí jedinci musí vytrvat. Potřebují úspěšně konkurovat okolním susedům.

Pokud byl druh expanzivní už ve svém původním místě výskytu, mohou mu pomoci jeho vlastnosti i na nových stanovištích. V invazi mají velké komplikace jednopohlavné rostliny, jejichž dominantním způsobem šíření je generativní reprodukce. Pokud se na nové místo dostane jen jediné pohlaví, tak se rostlina může šířit jen nepohlavně. Obecně platí, že druhy, jež spoléhají na semena, se rozšiřují rychleji než ty šířící se hlavně vegetativně. U nich je úspěch kompenzován častějším záměrným zavlékáním (Tichý et al., 2001).

### 3.4 Problematika introdukce a invaze

Existují dva způsoby, jakými se může nepůvodní druh dostat na nové území. Prvním z nich je **úmyslný dovoz**. Rostliny jsou dováženy z různých důvodů, nejčastějším je pěstování okrasných druhů. Dováženy jsou také za potravinářskými a technickými účely, jako je krmivo, píce, oleje a barviva, produkce textilních vláken nebo dřeva. Poslední

dobou se objevuje i pěstování nepůvodních plodin využitelných jako zdroj obnovitelné energie. Důležité jsou i dovážené medonosné rostliny či druhy používané v krajinářství. Ve zmíněných případech se jako vektory introdukce uplatňuje zemědělství, lesnictví, zahradnictví, krajinná architektura nebo energetika. Nepůvodní druhy se tak k nám dostávají formou zboží.

Druhým způsobem je **neúmyslné zavlečení**. Hlavně se tak děje, když se s převáženými rostlinnými produkty (osivo, ovoce, dřevo, bavlna atd.), živočišnými produkty (např. vlna), převáženými zvířaty či vytěženými rudami dovezou i diasporu rostlin. Například jako příměs semen v osivu, v krmivu a srsti, nebo zaživacím traktu zvířat. Proto jsou nejběžnějším zdrojem nepůvodních druhů železniční tratě a nádraží, přístavy, překladiště, silnice, zpracovatelské provozy apod. Neúmyslně k nám byla introdukována asi polovina nepůvodních druhů (Mlíkovský et al., 2006).

I následné užívání a pěstování dovezených rostlin poskytuje zdroj pro další introdukce. Do volné přírody se nepůvodní rostliny dostávají samotnými pěstiteli při vyhození životaschopných diaspor nebo snad nejběžněji **zplaněním** rostliny, neboť člověkem vybudované ohrady a ploty nepředstavují nepřekonatelnou bariéru.

Než dojde k opravdové invazi, prochází introdukovaný druh různě dlouhým obdobím klidu. Rostliny se během něj přizpůsobují místním podmínkám a v jejich populaci může docházet ke genetickým změnám. Pravděpodobnost vzniku invaze je výrazně podpořena, pokud semena šíří obratlovci. Velmi důležitá je i fylogenetická příbuznost introdukovaných druhů k druhům původním (Tichý et al., 2001).

Usuzuje se, že každé jednotlivé společenstvo má specifické vlastnosti, které invaze nepůvodních druhů buď omezují, nebo usnadňují. Tyto vlastnosti se z velké části neodvíjí od geografické oblasti ani od skladby nepůvodní flóry. Důležitější je pravděpodobně dostupnost zdrojů (světlo, voda, minerální látky atd.).

Nejvíce bývají invadována společenstva s dobrou dostupností živin, větším přísunem diaspor a společenstva, která jsou ovlivněna disturbancemi způsobenými přirozenými pochody (např. vodní proud) nebo člověkem (Chytrý et al., 2009b). U disturbancí je důležitý především jejich režim a intenzita. Změna může narušit konkurenční vztahy a destabilizovat společenstvo, čímž se stane více invazibilní. Navíc disturbance mohou vést k obnažení půdního substrátu. Diaspory zavlečenců tak dostanou další příležitost.

Chudší stanoviště zprvu nemusí hostit mnoho nepůvodních rostlin, ale mohou být časem obohacena živinami díky jejich přítomnosti. To způsobí postupnou proměnu druhového složení v lokalitě, což může vést k invazi dalších druhů (Tichý et al., 2001). Stejně tak ale můžou vzniknout příhodnější podmínky pro druhy původní.

Společenstva s velkým podílem neofytů mívají také velké zastoupení archeofytů a naopak. Tato skutečnost poukazuje na to, že pro úspěšné invaze je silnější význam vlastností společenstev než vlastností introdukovaných druhů, protože zmíněné dvě skupiny druhů se od sebe dost liší. V praxi se dá tedy předpokládat, že v místech s výrazným zastoupením archeofytů se může objevit mnoho druhů neofytů. Platí to však jen obecně. Archeofyty se díky svému původu (Blízký východ a Středomoří) nacházejí častěji v nelesní vegetaci na sušších půdách, neofytům většinou vyhovuje vlhčí a lesní prostředí odpovídající listnatým porostům Severní Ameriky a Asie (Chytrý et al., 2009b). Proto jsou hodně invadována také stanoviště jako údolní nivy a vegetace poblíž vodních toků. Do těchto míst usnadňují introdukci a šíření časté disturbance a intenzivní přísun diaspor i živin (Lipský et al., 2004).

Zastoupení nepůvodních druhů ve společenstvu postupně klesá s průběhem sukcese. V raných sukcesních stádiích jsou rostlinná společenstva invadována silněji, v pozdních sukcesních stádiích zpravidla vykazují malé podíly nepůvodních druhů (Chytrý et al., 2009b).

### **3.5 Současný stav nepůvodních druhů u nás**

V našich podmínkách pronikají do původní polopřirozené vegetace především druhy konkurenčně silné, jež se velmi často rozmnožují vegetativně. V případě narušovaných stanovišť a opuštěných ploch po lidské činnosti se naopak úspěšně šíří nepůvodní druhy jednoleté až víceleté typické velkou produkcí snadno šířitelných semen během krátké doby. Obecně jsou to právě člověkem ovlivněné nebo přímo vytvořené lokality, kde se nejvíce šíří nepůvodní vegetace. Jedná se o navážky, různé skládky, opuštěné a ladem ponechané pozemky, příkopy, železniční násypy, či lidská sídla (Lipský et al., 2004).

Největší podíl neofytů u nás je právě v ruderální vegetaci, vegetaci skal a zdí, v místech s častým sešlapáváním a v plevelových společenstvech. Nejméně jsou nepůvodní druhy zastoupeny v místech s omezenou dostupností zdrojů a chladným klimatem. Proto

jsou velmi málo invadována naše vřesoviště a rašeliniště, alpínské trávníky a křoviny a jehličnaté lesy.

Archeofyty se na našem území vyskytují už tisíce let, zato neofyty maximálně několik století. Jejich zastoupení ve společenstvech je proto zatím méně vyhraněné a tyto druhy vykazují menší variabilitu. Pro zastoupení obou skupin v naší republice je mnohem významnější typ společenstva (jeho invazibilita) než přísun diaspor, avšak při srovnání v rámci vymezeného společenstva to může být opačně.

O stavu a odhadu lokální invadovanosti dávají poměrně přesné informace fytoocenologické snímky, přestože jejich nedostatkem je subjektivní výběr lokalit. Avšak pro pokrytí větších území a různorodosti rostlinných společenstev v současnosti neexistují lepší data (Chytrý et al., 2009b).

**Nepůvodních druhů rostlin** v České republice je v současnosti registrováno **1 378**. Do tohoto údaje jsou zahrnuty i již vyhynulé druhy, ale většina z nich se v naší krajině stále vyskytuje. Jejich dominantní část se vyskytuje v biotopech pozměněných nebo zcela přetvořených lidskou činností. Zdomácnělých druhů rostlin najdeme u nás 397. Co se rostlinných invazních druhů týče, je Česko jedno z nejlépe prozkoumaných zemí v Evropě. Registrujeme **90 invazních druhů** vyšších rostlin a **30** z těchto devadesáti se hodnotí jako **nebezpečné invazní druhy** (Mlíkovský et al., 2006). Jedním z nich je i zájmový druh popsáný v další kapitole.

Neofyty představují asi 75 % nepůvodní flóry a v naší krajině mají svůj původ téměř rovnoměrně ve všech světadílech. Asi 18 % z nich bylo introdukováno z Nového světa. Nejméně lze u nás najít druhy z Austrálie.

Z pohledu délky života nepůvodních rostlin převažují druhy jednoleté. Ty tvoří i většinu z archeofytů. Zato flóra neofytů je tvořena hlavně vytrvalými druhy bylin a dřevinami (Mlíkovský et al., 2006).

### 3.6 Studium a předpověď invazí

Obor zabývající se touto problematikou (invazní biologie) v podstatě vychází ze zkušeností v minulosti, neboť introdukce a invaze zkoumané dnes započaly mnoho let nazpět. Navíc nelze provádět relevantní experimenty s velkými soubory, např. pokusně introdukovat několik desítek druhů a monitorovat výsledky. Pro nalezení základních

principů a zákonitostí procesu introdukce, naturalizace, invaze a dalších se vychází z analýz druhového složení regionů, z historických souvislostí a přírodních podmínek studovaných oblastí. O fungování invazí přinesly cenné poznatky především globální studie (Pyšek et al., 2004).

Kromě takovýchto ekologických studií se data o souborech nepůvodních druhů opírají i o předvídající systémy. Předvídat vývoj druhu je obtížné. Předpovědní pokusy vycházející jen ze zkušeností odborníků se ukázaly jako dost spekulativní. V současnosti existují předpovědní modely, které se snaží odhadnout chování potenciálních invazních druhů v budoucnu. Vychází ze spousty historických, geografických a ekologických údajů a v 70-90 % případech dokážou správně předpovědět, zda daný druh bude invazní. Taková předpověď je však zatížena vysokou mírou náhody. Invazi druhu totiž může způsobit zcela nečekaná podmínka, která může spustit invazní chování i u dosud neinvazního druhu. Modely také nemohou zohlednit změny krajiny v čase v souvislosti se změnami ve společnosti a v politice (Mlíkovský et al., 2006).

Zařazování druhů do klasifikace je často obtížné nebo sporné. Ani specialisté se mnohdy přesně neshodují při určování, zda je daný druh v lokalitě původní či introdukovaný, archeofyt či původní druh, archeofyt nebo už neofyt, jen přechodně zavlečený či už naturalizovaný, nebo zda jej označit za zdomácnělý nebo už invazní (Pyšek et al., 2004). Za jistý doklad o původnosti druhu se dá považovat jen fosilní nález, o zavlečení nepůvodního druhu podávají spolehlivé informace historické záznamy.

Vliv nepůvodních druhů se dá zhodnotit i ekonomicky. Sekundárně tyto druhy mají dopad i na sociální, kulturní, a dokonce politickou sféru (Tichý et al., 2001). Šířením invazních druhů se postupně mění přírodní podmínky, a to má často negativní vliv na spoustu odvětví lidské činnosti. Proto se invazní rostliny považují ve většině případů za nežádoucí a vedou se vůči nim stále častěji intenzivní protiopatření.

## 4 CHARAKTERISTIKA DRUHU *SOLIDAGO CANADENSIS*

Pro potřeby této práce je důležité charakterizovat jeden konkrétní, v České republice nepůvodní druh rostliny.

*Solidago canadensis* L., česky zlatobýl kanadský nebo také celík kanadský, je rhizomatózní vytrvalá a světlomilná bylina, jejíž původ je v Severní Americe. Do Evropy byl tento druh dovezen jako okrasná rostlina zřejmě roku 1645. V Česku ve volné přírodě byl poprvé zaznamenán v roce 1838, brzy poté začala jeho invaze naším územím (Pyšek et al., 2012). Dnes se řadí mezi nejvíce nebezpečné invazní rostliny v České republice.

Dlouhodobě se pěstuje v parcích a v zahradách. Volně k prodeji jsou jeho šlechtěné kultivary, které po zplanění nebo přenosu pylu zvětšují genetickou rozmanitost druhu (Mlíkovský et al., 2006).

### 4.1 Taxonomické zařazení

Z původního areálu výskytu je znám vedle tohoto diploidního druhu i hexaploidní druh *Solidago altissima* L. Někteří odborníci se domnívají, že v Evropě známé populace *Solidago canadensis* ve skutečnosti patří druhu *Solidago altissima*, avšak přesvědčivé morfologické a cytologické argumenty RNDr. Slavíka zařazují české populace k druhu *Solidago canadensis* (Mlíkovský et al., 2006).

Zařazení druhu do vědecké klasifikace (www.biolib.cz, 2018):

- **říše:** *Plantae* (rostliny)
- **oddělení:** *Magnoliophyta* (krytosemenné rostliny)
- **třída:** *Rosopsida* (vyšší dvouděložné rostliny)
- **řád:** *Asterales* (hvězdnicotvaré)
- **čeleď:** *Asteraceae* (hvězdnicovité)
- **rod:** *Solidago* (zlatobýl)
- **druh:** *Solidago canadensis* L. (zlatobýl kanadský)

Pro přehlednost v textu bývá u latinského jména tohoto druhu vynechána zkratka „L.“, případně je rodové jméno *Solidago* zkracováno na „S.“.



## 4.2 Popis

Zlatobýl kanadský dorůstá běžné výšky 60-170 cm. Tvoří kompaktní systém oddenků, ze kterých vyrůstají nevětvené prýty. Jejich lodyha je přímá a jednoduchá, zaoblená, plná a povrch je hladký. V horní polovině obrůstá vícebuněčnými, hustými a krátkými chlupy, které jsou obloukovitě zahnuté nahoru. Barva stonku bývá zelená (Slavík et al., 2004), v případě vystavení většímu množství slunečního záření se zbarvuje do nachova. Ve spodní části dřevnatí.

Listy tohoto zlatobýlu jsou nepravidelně zubaté a kopinaté, na rubu mají chloupky a na lodyze rostou střídavě (Podstawková, 2016). Jsou k ní přisedlé, bývají dlouhé 6-17 cm a široké 0,8-3 cm. Osu listu protíná hlavní žilka, dobře zřetelné jsou i dvě postranní žilky. Směrem k vrcholu rostliny se listy zmenšují (Slavík et al., 2004).

Tato rostlina kvete nápadně zářivě žlutě, odtud zřejmě její český název zlatobýl (v angličtině goldenrod, v překladu „zlatá tyč“). Květenství tvoří rozložitou, bohatou, široce pyramidální a poněkud jednostrannou latu (viz Obrázek 4) složenou z mnoha drobných květů – úborů. Ty jsou asi 5 mm dlouhé (Kubát, 2002). Květy jsou trubkovité a jazykovité (Podstawková, 2016).



Obrázek 4: Lata zlatobýlu kanadského v květu  
(Majewská, 2017)



Obrázek 5: Plodící lata zlatobýlu kanadského  
(Majewská, 2017)

*Solidago canadensis* začíná kvést zhruba v srpnu a vydrží tak přibližně do října. Plodem zlatobýlu jsou nažky velké 1 mm, elipsoidního tvaru a světle hnědé barvy, které jsou opatřeny jemným chmýrem (Podstawková, 2016). Jsou tak uzpůsobeny k šíření pomocí větru a na zrající latě jsou vidět na Obrázku 5.

Kořenovou soustavu má tvořenou hlavním vřetenovitým kořenem a početnými horizontálními kořenovými výběžky (Mižík, 2008).

### 4.3 Výskyt

Původní areál zlatobýlu kanadského zahrnuje téměř celou severní Ameriku, od Aljašky a Labradoru na severu až po Mexiko a Floridu na jihu. Naturalizoval se v mírném podnebném pásu Evropy, jejím jihu, ve východní Asii, Austrálii i na Novém Zélandu (Pyšek et al., 2012).

V Česku je nejhojnější na severu a východě Čech, v severní části Středočeského kraje, v Plzeňském kraji, na východě, středu a severovýchodě Moravy a také ve Slezsku. U nás se nevyskytuje ve vyšších nadmořských výškách (Mlíkovský et al., 2006).

Populace tohoto druhu v Evropě ještě v minulém století nepřesahovaly oblasti ve výšce okolo 700 m nad mořem. Dnes lze tento druh najít i ve výškách do 1650 m. S nadmořskou výškou vzdálenost mezi jednotlivými populacemi klesá (Moran et al., 2017).

Přírozně roste na okrajích lesa, podél řek a na mnoha narušených stanovištích, jako jsou již nepožívané pastviny a pole (Pyšek et al., 2012). Roste v prostředí poloruderálních intravilánů a periferií obcí, na rumištích, okrajích komunikací, železničních náspech, sušších březích řek, v zahradách, okolí hřbitovů apod. (Mlíkovský et al., 2006). Mimo jiné se často nachází na znečištěných opuštěných stanovištích, která představují šanci pro expanzi nových introdukovaných druhů (Immel et al., 2012).

Výskyt zlatobýlu kanadského v zájmové oblasti, ve které proběhl terénní výzkum popsáný v další kapitole této práce, je podle dat Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky registrován od devadesátých let minulého století (portal.nature.cz, 2018). Tento fakt není překvapivý, neboť Moravskoslezský kraj se řadí mezi území hustě pokryté dopravními komunikačními sítěmi. Místní rychlostní silnice a železniční uzly propojují Českou republiku se Slovenskem a Polskem (Podstawková, 2016).

#### 4.4 Rozmnožování

*Solidago canadensis* je schopný poměrně rychle kolonizovat nová vhodná stanoviště díky produkci velkého množství větrem šířitelných semen, která i dobře klíčí. Pomocí nich se rozmnožuje generativně. V účinném šíření do přilehlého okolí mu napomáhá i vegetativní reprodukce pomocí odnoží (Mlíkovský et al., 2006). V půdě se může vytvořit téměř kompaktní vrstva oddenků a porosty zlatobýlu tak mohou dosahovat hustoty až 100 lodyh na jediný čtverečný metr (Tichý et al., 2001).

Nové sazenice zlatobýlu téměř nemohou konkurovat v nové vegetaci, pokud je již zavedená a stabilizovaná, proto je potřeba disturbancí ve společenstvu. Jakmile je populace zlatobýlů založena, počet klonů klesá, protože jedinci soutěží mezi sebou o prostor. Jedna sazenice se může do deseti let rozrůst na dalších více než 20 nerozvětvených výhonů (klonů). Tyto prýty jsou jednoleté a vyrůstají každé jaro znova. Vegetativní šíření vede spíše k expanzi druhu do blízkého okolí než k rozsáhlému prostorovému šíření (Moran et al., 2017).

Přesto se geneticky identické vegetativně rozmnožené prýty, rostoucí z oddenků, mohou dostávat i na vzdálená místa, pokud se jejich životaschopná část (diaspora) transportuje do nového prostředí pomocí vodních toků, dopravních prostředků, pomocí živočichů nebo i samotnými lidmi (Podstawková, 2016). To se stává poměrně často, protože oddenky zlatobýlu jsou delší a lehce lámavé. Nejčastěji se takto šíří vodou (Tichý et al., 2001).

Na vrcholu každého výhonku se při vhodných podmínkách vytváří jedno květenství (lata). Zlatobýl kanadský je hmyzosnubná rostlina, která nedokáže opylit sama sebe (je cizosprašná). Tento druh opyluje řada hmyzích opylovačů a někteří z nich mohou cestovat na dlouhé vzdálenosti (např. včely opylí rostliny vzdálené až 100 km od sebe) (Moran et al., 2017).

V případě opylení se začíná realizovat pohlavní rozmnožování. Během něj vzniká geneticky odlišný jedinec (vzhledem k rodičovským rostlinám). Oproti vegetativnímu rozmnožování se jedná o značně složitější případ reprodukce (Podstawková, 2016).

Každá celá lata vyprodukuje cca 20 000 nažek a na jeden čtverečný metr jich může dopadnout až 50 000. Ochmýřené nažky se během zimy většinou rozptýlí pomocí větru

nebo se šíří v srsti zvířat, také je přenášejí mravenci. Semena v půdě nevytrvají déle než jeden rok (Tichý et al., 2001). Za správných podmínek může cestovat asi 20-25 % zlatobýlích semen až do vzdáleností více než 100 m. Reprodukce zlatobýlu pomocí semen je rozhodující pro kolonizaci nových lokalit jak v jeho původních oblastech výskytu, tak i v oblastech invazních (Moran et al., 2017).

Nažky opatřené chmýřím často skončí v blízkém okolí mateřské rostliny, přesto mají díky své genetické variabilitě mnohem větší šanci na úspěšnou adaptaci na dané prostředí a následnou expanzi, než jakou disponují nepohlavní klony (Podstawková, 2016).

Vzhledem k tomu, že *Solidago canadensis* kvete spíše až na podzim, je pro něj podstatné dokončit produkci semen dříve, než zimní počasí zabije jeho výhony. Konkrétní doba, kdy jedinec začne kvést, je z velké části dědičná. V chladnějších lokalitách však mají rostliny tendenci kvést dříve, anebo mít větší počet pupenů. Rychlý růst a časné kvetení jsou v takových podmínkách životně důležité, protože chladné počasí zkracuje vegetační období tohoto druhu (Moran et al., 2017).

#### 4.5 Podmínky ovlivňující růst a šíření

Během pokusu ve Švýcarsku byly vysazovány zlatobýly kanadské v různých nadmořských výškách a následně pozorován jejich růst a množení. Většina jedinců byla vysazena na místech, která byla chladnější než jejich domovská stanoviště. Rostliny v teplejším prostředí v nižších výškách začaly růst dříve, rostly rychleji a dorostly do větší velikosti. Rostliny vysazené ve větších nadmořských výškách zase produkovaly více vegetativních výhonků. Chladné a vlhké podmínky pravděpodobně poskytly lepší podmínky pro předčasné založení kořenů. Vzhledem k tomu, že každý prýt může vyprodukovat jen jedno květenství, rostliny s více výhonky měly tendenci produkovat více pupenů a více zralých květenství, pokud bylo vegetační období dostatečně dlouhé. Pouze jedinci v nejnižších místech dokončili kvetení před tím, než byli poškozeni větrem nebo sněhovými přehánkami. Ve všech nadmořských výškách vyrostly rostliny rychleji, pokud se vyskytovaly v podnebí podobnému klimatu jejich původu. Rostliny z chladnějších populací tak rostly výrazně rychleji na nejvýše položených stanovištích. Jedinci pěstovaní na stejném místě vykazovali určitou adaptaci na klima, přičemž rostliny původem z chladnějších lokalit dosahovaly lepšího adaptačního účinku (Moran et al., 2017).

V rámci studie zaměřené na invazi *Solidago canadensis* byly pozorovány funkční změny jak u tohoto invazního druhu, tak i u okolních původních druhů. Například výška rostlin vzrostla u obou. Invaze *Solidago canadensis* zřejmě vytvořila růstový stres vůči okolním druhům a s rostoucím stupněm invaze vzrostla i konkurenceschopnost zlatobýlu. Ten byl ve všech stádiích invaze vyšší než původní druhy, což mu umožnilo lepší zachytávání slunečního záření. Prodloužily a zvětšily se jeho listy, byla v nich také zjištěna výrazně nižší koncentrace chlorofylu než u okolních druhů (Wang et al., 2018).

Údaje o přežití, růstu a kvetení zlatobýlu kanadského naznačují, že limity jeho výskytu v Evropě jsou pravděpodobně dány spíše omezením délky vegetačního období na reprodukci než účinky chladu na přežití. Pokud diaspory dosáhnou vysokých nadmořských výšek, mohou přežít, ale pokud je vegetační období krátké, omezí to šíření populace jak vegetativním, tak i generativním způsobem (Moran et al., 2017).

#### 4.6 Vztah k půdnímu prostředí

*Solidago canadensis* je na živiny poměrně nenáročná rostlina, ale prospívá na mírně nitrofilních stanovištích. Snáší suché půdy, díky tomu není tak navázána na okolí vodních toků a na vlhká rumišť (Mlíkovský et al., 2006). Osidluje štěrkopísčité půdy i vysychavé substráty antropogenního původu (Tichý et al., 2001).

Zlatobýl je z růstového hlediska výrazně ovlivňován množstvím dusíku a fosforu v půdním substrátu. Pokud se zvýší koncentrace dusíku, projeví se to na růstu biomasy, avšak jen v případě přítomnosti správné formy fosforu (rozpuštěných draselných, nebo hlinitých sloučenin). Rostliny jsou pak vyšší a mají větší počet listů. Listová plocha narůstá za přítomnosti většího množství dusíku i za přítomnosti špatně dostupné formy fosforu (vápenaté sloučeniny, příp. železité). Pokud je hladina dusíku v půdě snížena a fosfor je přítomen jako  $\text{AlPO}_4$ , výrazně se stimuluje růst kořenů (Wan et al., 2018).

Invaze tohoto zlatobýlu má pravděpodobně negativní vliv na abiotické vlastnosti půdy, zejména na dostupnost dusíku. Naproti tomu obohacuje substrát bioticky, hlavně o půdní mikroorganismy (Dong et al., 2017). Tím však má vliv na zavedenou původní mikrobiální diverzitu a koloběh živin v půdě (Immel et al., 2012).

Ukázalo se, že výtažky z listů *Solidago canadensis* významně inhibují klíčivost a růst lociky seté (*Lactuca sativa* L.). Zlatobýl tak zřejmě uvolňuje alelochemikálie do okolního

společenstva a ty pak vyvolávají alelopatické účinky na klíčivost a růst původních druhů, čímž dojde k usnadnění dalšího procesu invaze (Wang et al., 2016). Tyto látky mají acetonový charakter a jejich sloučeniny mimo jiné potlačují lokální půdní patogeny (Šutovská et al., 2013).

Tato rostlina uvolňuje alelopatické látky i přímo do půdy, což jí pomáhá potlačovat okolní druhy (Pyšek et al., 2012). Ukázalo se, že alelopatické účinky zlatobýlu kanadského výrazně zlepšují kyselé depozice. Organické látky, které tvoří některé primární alelopatické sloučeniny tohoto druhu, pravděpodobně vlivem nízké hodnoty pH podporují aktivitu alelochemických látek zlatobýlu. Ty pak například inhibují klíčivost jiných druhů. Stresové faktory často zvyšují produkci alelochemikálií a tím zvyšují potenciální toxicitu svého okolí (Wang et al., 2016).

Byla popsána rychle rostoucí populace tohoto druhu v rámci experimentu s půdou kontaminovanou koksem, která vykazovala vysoký obsah toxických kovů, polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) a vysokou slanost. Substrát byl volně ponechán kolonizaci zlatobýlem kanadským. K překonání abiotického stresu způsobeného takto znečištěnou půdou byl *Solidago canadensis* schopen vyvinout vlastní toleranční molekulární mechanismy. Tyto mechanismy byly identifikovány v mezibuněčném prostoru, v buněčných membránách i uvnitř samotných buněk. Ukázalo se, že účinnost mykorhizálního soužití rostliny a příslušných mikroorganismů během získávání dusíku a fosforu z půdy se zvyšuje u rostlin vystavených působení olova (Immel et al., 2012).

Speciální prášek vytvořený ze stonku zlatobýlu kanadského projevuje biosorpční a regenerační schopnost pro odstraňování kadmnatých iontů. Dá se tedy potenciálně využít jako ideální biomasa pro čištění odpadních vod znečištěných toxickými kovy (Zhang et al., 2017).

#### **4.7 Vztah k člověku**

Indiáni údajně tuto rostlinu používali jako protijed po uštknutí chřestýšem (Polívka, 1904). Používá se i v lidovém léčení, a podobně jako původní zlatobýl obecný, obsahuje mnoho účinných látek, jako např. trísloviny, saponiny, inulín, karotenoidy, hořčiny, silice atd. Nať zlatobýlu působí protizánětlivě, močopudně a užívá se ku příkladu při chronických obtížích vylučovací soustavy (botanika.wendys.cz, 2018).

Díky tomu, že zlatobýl kanadský kvete až začátkem srpna, má tento druh při plošnějším výskytu významnou funkci pro zlepšení snůšky pylu u včel, kdy na konci léta a na podzim není v krajině tolik kvetoucích rostlin. Z tohoto důvodu se stal zlatobýl oblíbenou včelařskou rostlinou (Podstawková, 2016).

Na lidské zdraví však zlatobýlí pyl může působit negativně spouštěním alergických reakcí. Pro výskyt alergií způsobených takovým pylem však zatím nejsou ověřená data (Pyšek et al., 2012). Byla však provedena studie na dýchacích cestách morčat s komplexem několika látek extrahovaných z druhu *Solidago canadensis*. Tyto látky potlačovaly kašel (Šutovská et al., 2013). V budoucnu tak možná najde zlatobýl kanadský uplatnění i v moderní farmacii.

#### 4.8 Příbuzné druhy a křížení

V České republice se běžně vyskytují tři druhy z rodu *Solidago*: *S. virgaurea* (zlatobýl obecný), *S. canadensis* a *S. gigantea* (zlatobýl obrovský).

Zlatobýl kanadský lze od zbylých dvou odlišit pomocí jazykovitých květů, které jsou u tohoto druhu jen o sotva znatelný kousek delší než květy trubkovité (www.kvetenacr.cz, 2017). Snadněji lze odlišit zlatobýl kanadský od obrovského. Stonek zlatobýlu obrovského totiž není pokryt chlupy. Oba druhy lze odlišit také ploiditou – *Solidago gigantea* je tetraploidní, zatímco *Solidago canadensis* je diploidní druh (Moran et al., 2017).

Na území ČR byla zjištěna hybridizace invazního *Solidago canadensis* s původním druhem *Solidago virgaurea* L. Podle některých odborníků se mohou křížit i oba nepůvodní severoamerické druhy (*Solidago canadensis* a *Solidago gigantea*), avšak tato problematika ještě vyžaduje podrobnější studium (Mlíkovský et al., 2006). Takováto mezidruhová křížení zvyšují genetickou rozmanitost a tím i možnost úspěšné expanze. Genetickou výstavu také obohacují vyšlechtěné okrasné kultivary zlatobýlů (Podstawková, 2016).

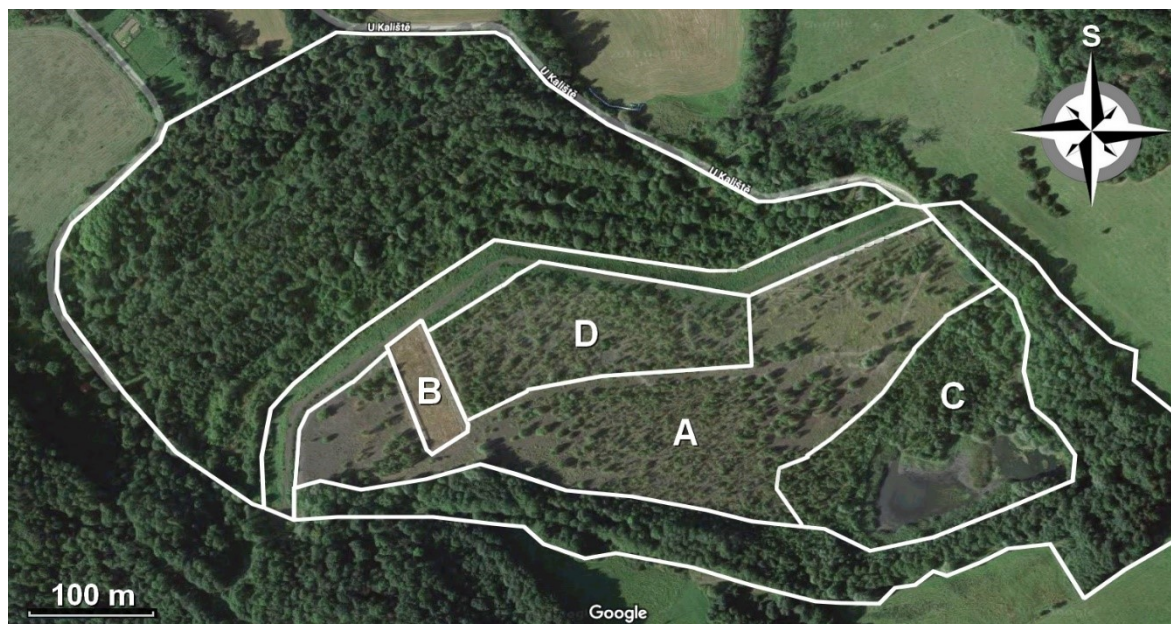


## 5 METODIKA

Tato kapitola začíná praktickou část této bakalářské práce. V následujících podkapitolách postupně popisuje všechny práce provedené v terénu, které se realizovaly v již popsaném zájmovém území odkaliště. Uvedeny jsou zde postupy zapisování a zpracování získaných terénních dat v počítačových programech i práce prováděné v laboratoři.

### 5.1 Průzkum terénu a výběr ploch

Pro potřeby studia druhu *Solidago canadensis* bylo zapotřebí zjistit jeho předběžný stav na odkališti. Celé území odkaliště, včetně starších zalesněných ploch, je dost rozlehlé, proto byla zájmová oblast zúžena na jeho nejvýše položenou vnitřní část, vymezenou nejmladší okrajovou hrází. Během vegetačního období (roku 2016) byla celá tato vnitřní plocha odkaliště poprvé terénně prozkoumána, aby se zjistil přibližný výskyt zájmového druhu v území. Během tohoto průzkumu bylo zjištěno, že vnitřní plochu tvoří několik reprezentativních biotopů typických pro toto odkaliště (označeny písmeny A-D na Obrázku 6 a stručně popsány v Tabulce 2). V každém z nich se stav a výskyt zlatobýlu kanadského lišil.



Obrázek 6: Biotopy na území odkaliště (Mapy Google, 2018 – upraveno autorem)

Okolní ohraničené plochy představují les a nezalesněnou nejvyšší okrajovou hráz, které sice patří k území odkaliště, avšak již ne do jeho vnitřní zkoumané části.



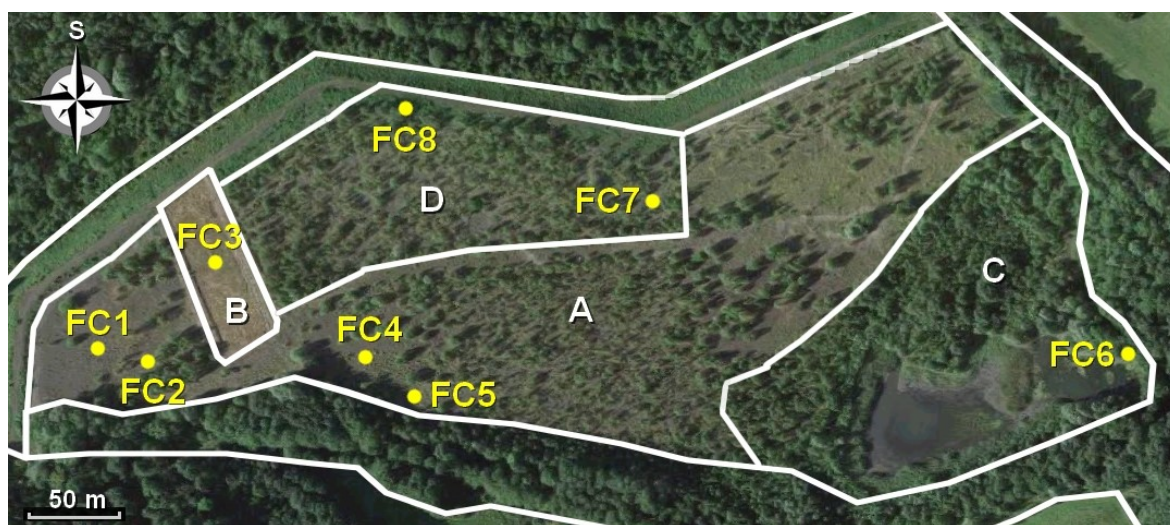
**Tabulka 2: Stručná charakteristika biotopů v zájmové části odkaliště**

| Biotop | Půda                   | Vodní poměry | Světelné podmínky      | Typ vegetace |
|--------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| A      | písčité/hlinitopísčité | suché        | plné oslunění/polostín | ruderální    |
| B      | hlinitá                | vlhké/mokré  | plné oslunění          | luční        |
| C      | hlinitá                | vlhké        | polostín/stín          | lužního lesa |
| D      | jílovitohlinitá        | suché/vlhké  | polostín               | ruderální    |

Na začátku následujícího vegetačního období (jaro 2017) se pak náhodným výběrem zvolilo v zájmové vnitřní části odkaliště 8 reprezentativních ploch, rozestých v rámci biotopů A-D, sloužících pro fytocenologickou analýzu i monitoring samotného druhu.

## 5.2 Fytocenologická analýza vybraných ploch

Pro dokumentaci rostoucích druhů v zájmovém území a zjištění vzájemných vztahů mezi nimi se provedla na každé zvolené ploše fytocenologická analýza. Každá z 8 ploch byla vytyčena jako čtverec o hraně 10 m, tudíž pokrývala 100 m<sup>2</sup>. Vzniklo tak 8 fytocenologických snímků, které se pro praktičnost zapsaly zkratkou FC s pořadovým číslem snímku v terénu (viz Obrázek 7).



**Obrázek 7: Rozmístění fytocenologických snímků (Mapy Google, 2018 – upraveno autorem)**

Analýza byla zrealizována podle curyšsko-montpelliérského systému, podle něhož se nejprve rostliny rostoucí na vytyčené ploše rozdělí podle výšky do jednotlivých pater (zkratky: E1 – bylinné, E2 – keřové, E3 – stromové). V rámci každého patra se pak zaznamenají veškeré rostoucí druhy a následně se odhadne pokryvnost každého z nich. Pokryvnost se dá odhadovat v procentech, nebo pomocí speciální stupnice (Michalcová,

2010). V tomto případě se pokryvnost určovala stupnicí Braun-Blanquet (old) tvořenou stupni pokryvnosti:

- r – velmi vzácný, ojedinělý, výskyt 1-3 ks, pokryvnost zanedbatelná
- + – roztroušený, pokryvnost do 1 %
- 1 – roztroušený, početný, pokryvnost 1-5 %
- 2 – velmi početný, pokryvnost 5-25 %
- 3 – hojný, pokryvnost 25-50 %
- 4 – silně dominující, pokryvnost 50-75 %
- 5 – kryjící téměř celou plochu, pokryvnost 75-100 % (Divíšek et al., 2013).

Rostlinné druhy byly určeny pomocí publikací Naše květiny (Deyl et al., 2001), Co tu kvete? (Aichele, 2007) a Svět rostlin (Schauer, 2007). Fytocenologické snímkování bylo provedeno celkem třikrát během vegetačního období, čímž se v každém snímku zaznamenal výskyt rostlin všech aspektů v roce. Fytocenologická data za celé vegetační období (zapsána elektronicky pomocí programu JUICE) jsou k nahlédnutí v Příloze 1.

### 5.2.1 Fytocenologický snímek č. 1

První snímek (FC1, Obrázek 8) byl vybrán v místě, jež je nadohled od jedné ze dvou příjezdových cest k odkališti. Stanoviště patřilo mezi nejvíce vystavené slunečnímu záření. Stín na plochu snímku nevrhala ani blízká vegetace počínajícího okraje lesa.

Substrát (Obrázek 9) zde byl sypký, ostrohranný, frakce strusky se pohybovala do 20 mm. Zastoupen byl i popílek a úlet. Proschlá půda tohoto snímku připomínala lehké hlinitopísčité půdy. Oproti FC2 zde rostlo minimum mechu, v říjnu se zde objevily houby.



Obrázek 8: Pohled na FC1 (Majewská, 2017)



Obrázek 9: Půda FC1 (Majewská, 2017)



### 5.2.2 Fytocenologický snímek č. 2

Tento snímek (na Obrázku 10) se nacházel nedaleko FC1 a jemu byl také nejvíce podobný. Také se nacházel na rovině, nebyl však tolik vystaven slunci, protože byl obklopen téměř ze všech stran řídkým porostem bříz s několika jehličnany. Díky tomu byl v dopoledních hodinách místy krytý polostínem.

Půda tohoto snímku byla velmi podobná jako u FC1 (viz Obrázek 11), také byla ve svrchních vrstvách proschlá. Mírně se lišila větším zastoupením jemnější strusky. Zrnitostí se dala zařadit mezi lehké hlinitopísčité půdy. Výskyt mechů zde byl poměrně častý, na podzim zde vyrostlo několik hub.



Obrázek 10: Pohled na FC2 (Majewská, 2017)



Obrázek 11: Půda FC2 (Majewská, 2017)

### 5.2.3 Fytocenologický snímek č. 3

Snímek č. 3 (Obrázek 12) se výrazně lišil od všech ostatních. Byl zvolen v prostoru ohraničeném ze všech čtyř stran hráziemi odkaliště. Nacházel se tak v prohlubenině, která byla od podloží oddělena nepropustnou folií. Ta byla dokonce viditelná na svazích hrází.

Folii pokrýval půdní substrát, který byl pravděpodobně na místo dodatečně navezen. Jednalo se zřejmě o středně těžkou hlinitou půdu (viz Obrázek 13), která byla místy, v závislosti na počasí, až přesycena vodou. Kvůli přítomnosti folie totiž nemohla vsakovat hlouběji do podloží, ani do vyvýšených hrází odkaliště. V rámci odkaliště tak vznikl zcela ojedinělý luční biotop. Během srpna byla louka posečena, což znesnadnilo letní fytocenologickou analýzu. Pravděpodobně je toto místo pravidelně udržováno.

Stanoviště bylo zcela exponováno slunečnímu záření, avšak díky zadržované vodě netrpělo prosušováním svrchní vrstvy půdy, jak tomu bylo u již popsanych snímků. Díky tomu se zde vyvinulo i hustší mechové patro.



Obrázek 12: Pohled na FC3 (Majewská, 2017)



Obrázek 13: Půdní pokryv FC3 (Majewská, 2017)

#### 5.2.4 Fytocenologický snímek č. 4

FC4 (na Obrázku 14) se nacházel podobně blízko okraje odkaliště i přilehlého lesa jako FC2. Rovná plocha terénu byla po celý den vystavena slunečnímu záření. V kombinaci s druhem půdy se jednalo o nejsušší stanoviště.

Půdní substrát zde byl ze všech snímků nejvíce skeletovitý a ostrohranný – výrazně byla zastoupena struska o velikosti až 30 mm (Obrázek 15). Půda byla velmi sypká a propustná, připomínala lehké písčité půdy. Podíl popílku a úletu byl velmi malý.



Obrázek 14: Pohled na FC4 (Majewská, 2017)



Obrázek 15: Půda FC4 (Majewská, 2017)



### 5.2.5 Fytocenologický snímek č. 5

Pátý snímek (viz Obrázek 16) byl vybrán nadohled od FC4. Jeho stejně rovinatá plocha už nebyla tolik vystavena výhni slunečního svitu, protože stanoviště se nacházelo při okraji lesního porostu, jenž poskytoval během dne z části stín. V této lokalitě se zlatobýlům dařilo nejvíce ze všech osmi snímků. Viditelně zde jeho prýty tvořily nejvíce nadzemní biomasy.

Půda snímku byla oproti FC4 méně skeletovitá (Obrázek 17), ale i tak byla dost propustná. Tak jako u FC1 a FC2 byla odhadem zařazena mezi lehké hlinitopísčité půdy. I mechové patro zde bylo podobně vyvinuto. Na podzim se zde také objevilo několik plodnic hub.



Obrázek 16: Pohled na FC5 (Majewská, 2017)



Obrázek 17: Půdní pokryv FC5 (Majewská, 2017)

### 5.2.6 Fytocenologický snímek č. 6

Tento snímek byl vybrán v prostředí břehového porostu vodní plochy, poblíž přepadové nádrže. Plochou snímku vedla nevýrazná vyšlapaná pěšina, vedoucí dále kolem břehu „rybníka“. Plocha snímku nebyla rovinou – stanoviště se mírně svažovalo směrem k vodě. Díky výrazně odlišným vodním poměrům se tento snímek dost liší od ostatních.

Půda zde byla vlhká, nijak nepřipomínala skeletovitý substrát předchozích FC (viditelná na Obrázku 19). Zrnitostně připomínala středně těžké hlinité půdy. Oproti podobně zrnité půdě třetího snímku však nebyla tak přesycena vodou. Tento biotop totiž nebyl od podloží oddělen žádnou folií. Svrchní vrstva půdy byla hustě prorostlá kořeny vegetace a dost vyvinuté bylo i mechové patro.

Vegetace zde byla poměrně dost hustá a sahala až do stromového patra (viz Obrázek 18), díky tomu zde byly velmi odlišné světelné podmínky oproti předchozím snímkům. Během dne stromy poskytovaly bylinnému patru polostín, během letních dnů až úplný stín.



Obrázek 18: Pohled na FC6 (Majewská, 2017)



Obrázek 19: Půdní pokryv FC6 (Majewská, 2017)

#### 5.2.7 Fytocenologický snímek č. 7

Snímek č. 7 byl zvolen v prostředí nejdále od okraje odkaliště. Zdejší rovinatý biotop byl typický roztroušenými břízami (viz Obrázek 20), které ploše snímku poskytovaly během dne občasné polostín. Vegetace celkově zde byla velmi řídká. Tento snímek byl jediný, ve kterém byly na dřevinách pozorovány lišejníky.

Půda zde byla charakteristická svou prašností. Nebyla vůbec skeletovitá, tvořil ji především popílek a úlet (Obrázek 21). Její zrnitostní frakce se pohybovala maximálně do 2 mm. Připomínala tak těžké jílovitohlinité půdy. Substrát byl většinou proschlý a prášivý, vzhledem připomínal „měsíční prach“. I v takovém prostředí se místy vyskytoval mech. Během podzimu zde vyrostlo mnoho plodnic hub a přibližně v téže době zde byly zaznamenány stopy divokých prasat. Byli to zřejmě divočáci, kteří stáli za nalezenými rozrytými místy v ploše snímku.





Obrázek 20: Pohled na FC7 (Majewská, 2017)



Obrázek 21: Půda FC7 (Majewská, 2017)

### 5.2.8 Fytocenologický snímek č. 8

V pořadí poslední snímek se nacházel nejbližší okraje odkaliště. Mezi řídkým porostem bříz a okrajovou hrází odkaliště vznikl jakýsi přechodový biotop, a právě sem byl snímek zasazen (na Obrázku 22). Asi polovinu dne byla plocha kryta polostínem sousedních stromů, takže se jednalo o jedno z nejstinnějších sledovaných míst. Zlatobýlům se v těchto podmínkách moc nevedlo.

Půda zde byla velmi podobná jako u FC7. Obsahovala velký podíl popílku a úletu, takže připomínala těžké jílovitohlinité půdy (viz Obrázek 23). Substrát byl také často prášivý, avšak v místech s větším pokrytím bylinami byl zpevněn jejich kořeny. Navíc byl nezřídka krytý jakousi starou dřevní štěpkou. Během podzimu zde vyrostlo několik houbových plodnic, mech se zde také objevoval.



Obrázek 22: Pohled na FC8 (Majewská, 2017)



Obrázek 23: Půda FC8 (Majewská, 2017)

### 5.3 Zápis a zpracování dat v počítačových programech

Údaje získané fytoocenologickou analýzou zapsané jako terénní poznámky bylo zapotřebí přepsat a zaznamenat do příslušných softwarů v počítači, aby získaly potřebnou formu. V takovém stavu se pak mohly použít pro statistické výpočty a další analýzy.

#### 5.3.1 Program Turboveg

Pro elektronické zaznamenání terénních poznámek posloužil program Turboveg (verze pro Windows 2.135b). Tento software byl vyvinut v Nizozemsku a slouží pro zpracování fytoocenologických dat. Lze do něj zadávat vlastní databáze, nebo data importovat, a následně je spravovat. Pak je možné je exportovat (Hennekens et al., 2001).

Tento program může bez úplaty získat každý amatér či profesionál, který se zabývá studiem vegetace. Zároveň Turboveg slouží jako základní software **České národní fytoocenologické databázi**, která poskytuje uložení digitalizovaným fytoocenologickým snímkům zaznamenaným v České republice. Data z této databáze mohou být poskytována dalším uživatelům. Ty se pak používají pro ekologické výzkumy nebo v oblasti ochrany přírody (www.sci.muni.cz, 2005).

Z nasbíraných fytoocenologických dat v terénu tedy byla vytvořena nová databáze z prostředí odkaliště. Ke každému FC byl kromě výčtu druhů s příslušnou pokryvností zařazených do pater zapsán i kód státu, plocha snímku a jeho nadmořská výška. Vzniklá databáze byla následně exportována do formátu, který byl vhodný pro import do dalšího programu.

#### 5.3.2 Program JUICE

Tento program byl vyvinut na Masarykově univerzitě v Brně roku 1998 a je určen pro editaci, klasifikaci a analýzu fytoocenologických dat a databází. Obsahuje funkce pro manipulaci s daty (např. třídění), výpočet indexů a různých ukazatelů. Data lze opět různě exportovat. JUICE byl navržen tak, aby se dal používat ve spojení s programem Turboveg (www.sci.muni.cz, 2018).

Do JUICEu (verze 7.0.102) byla importována data z Turbovegu. Na základě počtu druhů a stupně jejich pokrytí v jednotlivých patrech v rámci snímku program automaticky spočítal pro každý FC tzv. Shannon-Wienerův index a index vyrovnanosti.



**Shannon-Wienerův index** vychází z celkového počtu druhů a počtu jedinců ve snímku (v tomto případě vyjádřeného pokryvností). Při absolutní dominanci jednoho druhu nabývá hodnoty 0, maximálně nabývá hodnoty přirozeného logaritmu celkového počtu druhů (v případě jejich absolutní vyrovnanosti). Takových extrémů ale běžně nedosahuje, většinou se pohybuje v rozmezí 1,5-4,5. Dá se tedy říci, že čím je jeho hodnota vyšší, tím je společenstvo druhově pestřejší a druhy v něm jsou rovnoměrněji rozmístěny. Dá se vypočítat vzorci:

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

kde  $S$  je celkový počet taxonů,  $n_i$  je počet jedinců  $i$ -tého druhu a  $N$  celkový počet jedinců (Divíšek et al., 2013).

**Index vyrovnanosti** je vyjádřen jako podíl z maximální možné vyrovnanosti společenstva. Nabývá hodnot od 0 do 1 (Divíšek et al., 2013). Vyrovnanost v podstatě vyjadřuje, jak moc se dané společenstvo přibližuje maximální vyrovnanosti. Čím je tedy její hodnota vyšší, tím jsou druhy ve společenstvu více vyrovnané.

Jednotlivé snímky (relevés) se pak v programu seřadily a rozdělily pomocí tzv. separátorů do skupin. Každá skupina představuje určitý typ společenstva, takže FC v rámci stejného biotopu byly seskupeny k sobě. Z analyzovaných 8 snímků tak vznikly 4 skupiny, kdy každá představuje jiný typ biotopu. Rozdělení snímků do skupin:

- Společenstvo biotopu A: FC1, FC2, FC4, FC5
- Společenstvo biotopu B: FC3
- Společenstvo biotopu C: FC6
- Společenstvo biotopu D: FC7, FC8

Takto byla vytvořena kombinovaná synoptická tabulka (v programu synoptic table), v níž každá skupina obsahuje určitý počet vyskytlých druhů. Protože konkrétní druh se nemusí vyskytovat úplně ve všech snímcích skupiny, vykazuje každý druh určitou frekvenci výskytu (frequency) v rámci skupiny. Stejně tak vykazuje každý druh odlišnou věrnost (fidelity) a pokryvnost (cover) v dané skupině. Na základě těchto údajů lze provést v jednotlivých skupinách analýzu pro zjištění diagnostických, konstantních a dominantních druhů společenstva (diagnostic, constant, dominant species). Jejich výsledný počet je limitován tzv. prahovými hodnotami (thresholds), které lze libovolně upravit.

Výsledné analýzy pro jednotlivé skupiny (clusters) byly exportovány do textového souboru a jsou k nahlédnutí v Příloze 2.

## 5.4 Postup určení společenstev

Fytocenologické snímky a jejich analýza slouží nejen pro zjištění, jaké druhy a v jakém zastoupení se v daném místě nachází, ale slouží i pro klasifikaci vegetace.

Každé rostlinné společenstvo je charakteristické určitou kombinací druhů. Ty tvoří u každého společenstva diagnostické, konstantní a dominantní druhy. Jejich složení určuje, o jaké rostlinné společenstvo se jedná, nebo alespoň kterému je podobné.

**Diagnostické druhy** jsou dány mírou věrnosti. Věrnost druhu určuje jeho vztah k vybraným fytocenologickým snímkům. Čím je vyšší, tím více patří snímek do zvolené skupiny, pokud se v něm daný druh vyskytuje. Takový druh je pak silně vázaný na dané společenstvo (Tichý, 2004). Diagnostické druhy lze obecně definovat jako druhy s výraznou koncentrací výskytu nebo hojnosti v konkrétním typu vegetace, které mají zásadní význam pro identifikaci vegetačních jednotek (Chytrý et al., 2003).

**Druhy konstantní** jsou určeny frekvencí neboli četností výskytu druhu ve skupině. Frekvence udává v procentech, s jakou pravděpodobností se daný druh vyskytuje ve společenstvu (Tichý, 2004).

Často bývá druh diagnostický, ale už ne konstantní, pokud je ve snímcích skupiny spíše vzácný, nebo v některých ani nevyskytuje. Opačně může být druh konstantní, ale už ne diagnostický, pokud se běžně vyskytuje ve všech snímcích skupiny. Některé druhy mohou být jak diagnostické, tak i konstantní.

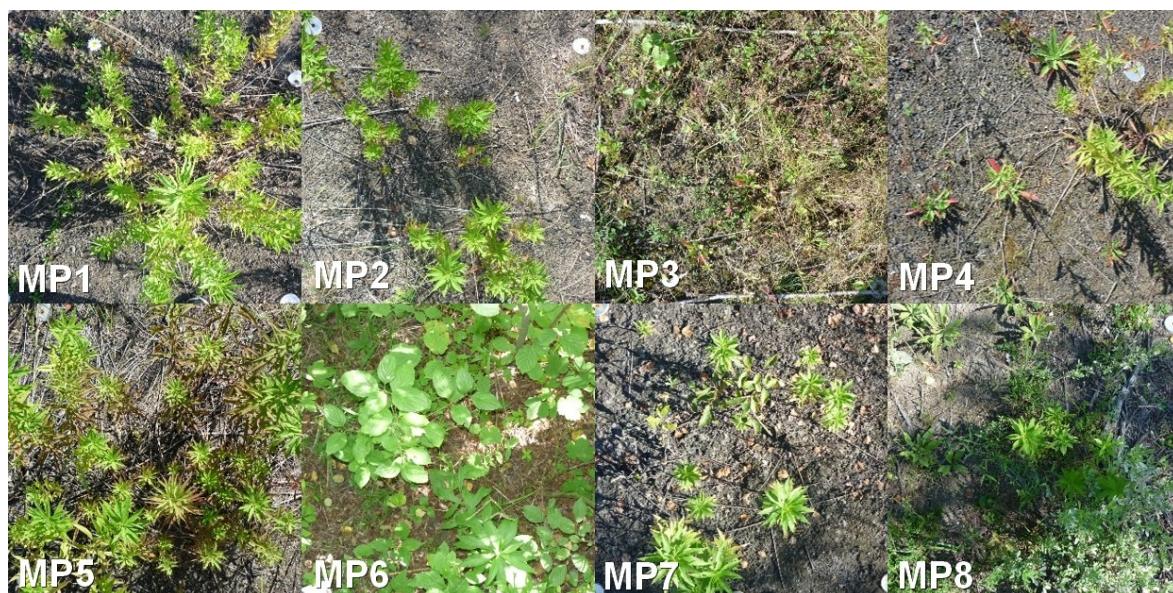
Na základě pokryvnosti se určují **dominantní druhy**. Jedná se o druhy, které nejčastěji dosáhly vysoké pokryvnosti ve snímcích dané skupiny. V některých případech mohou být zároveň i diagnostickými nebo konstantními druhy (Chytrý et al., 2003).

Uvedené druhy byly zjištěny analýzami v programu JUICE pro všechny 4 skupiny, a jak již bylo zmíněno, jsou k nahlédnutí v Příloze 2. Na základě nich pak bylo pomocí publikací Katalog biotopů České republiky (Chytrý et al., 2010) a Vegetace České republiky 1., 2. a 4. díl (Chytrý, 2007-2013) určena třída a svaz společenstva pro každou ze 4 skupin.

## 5.5 Plošky pro monitorování zájmového druhu

Pro lepší sledování zlatobýlu kanadského na území odkaliště, byla v rámci každého z osmi FC o ploše 100 m<sup>2</sup> (vyznačených na Obrázku 7) vytyčena jedna menší ploška. Zaujímalu plochu 1 m<sup>2</sup> a byla vybrána tak, aby obsahovala reprezentativní vzorek jedinců zlatobýlů kanadských rostoucích ve snímku a jeho okolí. Tím byla vytvořena monitorovací ploška, pomocí níž se pak hodnotila zdatnost (fitness) tohoto druhu v každém biotopu.

Vzniklých 8 monitorovacích plošek (zkratkou MP s pořadovým číslem, jenž odpovídá číslu FC) focených shora během druhého snímkování v srpnu je vyobrazeno na následujícím Obrázku 24. V Příloze 4 je k nahlédnutí fotograficky zachycený vývoj plošek během období jejich monitorování.



Obrázek 24: Monitorovací plošky v každém z FC (Majewská, 2017)

Jako podklad pro výsledná zhodnocení bylo vhodné zaměřit se nejen na jedince samotného zlatobýlu, ale také na výskyt jiných druhů v jeho blízkém okolí. Proto bylo u každé monitorovací plošky zaznamenáno, jaké další druhy v plošce rostly spolu s ním.

### 5.5.1 Sledování výšky prýtů a počtu jedinců

U rostliny je jedním ze snadno pozorovatelných projevů, které mají souvislost s jejím zdravotním stavem a mírou přizpůsobení prostředí (adaptabilitou), její růst. Ten byl u zlatobýlů sledován od prvního fytocenologického snímkování až do začátku odumírání jeho jedinců.

Růst byl zaznamenán pomocí měření aktuální výšky prýtu. Přibližně jednou za měsíc byla změřena výška všech jedinců zlatobýlu kanadského vyskytujících se v plošce. Každý prýt byl narovnan a svinovacím metrem byla v centimetrech určena výška stonku kolmo od země. Takovýmto zjištěním výšek všech prýtů byl zároveň určen i počet jedinců.

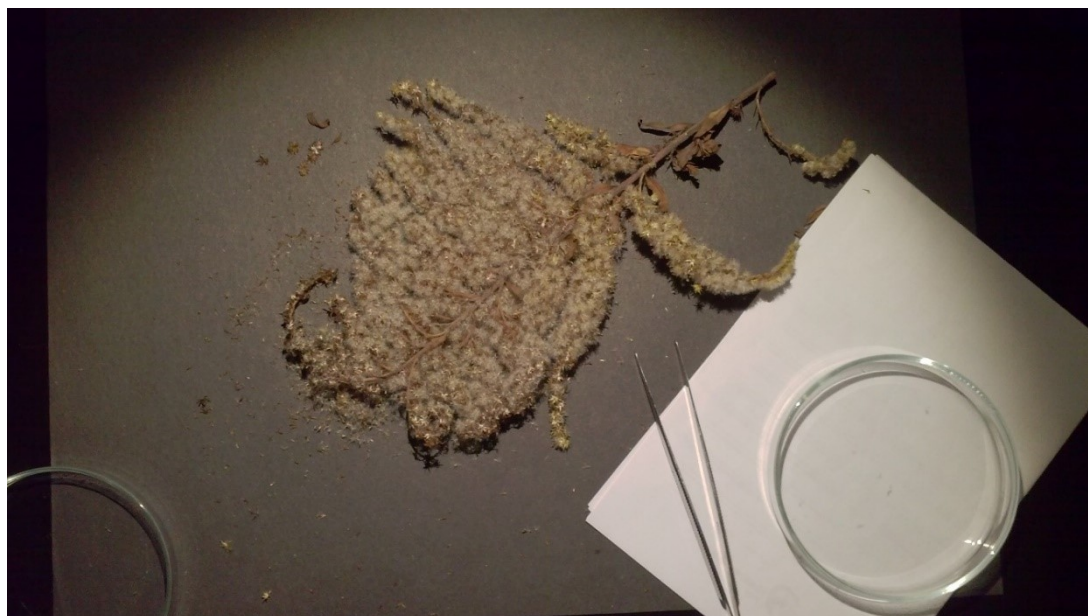
Data získaná tímto způsobem byla zapsána do tabulky v programu Excel (viz Příloha 3) a následně zpracována v grafy vypovídající o vývoji růstu během sledovaného období.

### 5.5.2 Monitorování generativní reprodukce

Kromě počtu jedinců a jejich výšek byl v rámci monitorovacích plošek sledován i průběh kvetení a tvorby semen. Spolu se záznamem výšek prýtů byl tedy zapsán i aktuální počet květenství v plošce (v Příloze 3 žlutá pole).

Po opylení a přeměně květů v semena, bylo hlídáno jejich zrání. Jakmile byly nažky dostatečně zralé, sklídila se celá plodenství a každé se uchovalo do papírového obalu (aby se předešlo dalším ztrátám semen a plesnivění) pro pozdější analýzu v laboratoři.

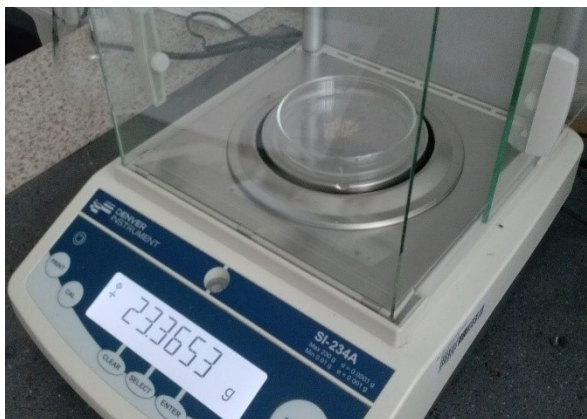
Semena bylo nutné před vážkovou analýzou vyseparovat od sušiny odumřelé lody. Tato práce byla poměrně časově náročná vzhledem k malé velikosti nažek a jejich velkému počtu v rámci jediného plodenství. K těmto účelům posloužila černá a bílá papírová podložka, pinzeta, Petriho misky, kuchyňské sítko a kvalitní osvětlení. Část této separační výbavy lze vidět na Obrázku 25.



Obrázek 25: Separace nažek z plodenství (Majewská, 2017)



Samotné nažky pak byly váženy na analytických vahách, pro každé plodenství zvlášť. Nejprve se ručně odpočítalo 100 semen a s přesností na 4 desetinná místa se určila jejich hmotnost v gramech (Obrázek 26), poté se obdobně určila hmotnost semen z celého plodenství (plná Petriho miska viditelná na Obrázku 27). Na základě těchto dvou hodnot byl vypočten počet všech semen v plodenství a hmotnost tisíce semen (HTS) – jednotka určovaná u semen kulturních plodin (eagri.cz, 2009).



Obrázek 26: Vážení sta semen (Majewská, 2017)



Obrázek 27: Semena z celé laty (Majewská, 2017)

## 6 VÝSLEDKY

Na základě terénních měření a dat získaných monitorováním, které byly příslušně zpracovány, přináší tato kapitola výsledné hodnoty a poznatky sloužící pro celkovou ekologickou analýzu zkoumaného druhu *Solidago canadensis*. Pro přehlednost textu jsou latinské názvy uvedeny bez koncových zkratk. Latinská jména v plném znění jsou vypsána v seznamu uvedených rostlinných taxonů.

### 6.1 FC1 a monitorovací ploška č. 1

Zlatobýl v prvním snímku dosáhl kvetení i produkce semen, avšak to se podařilo jen zlomku jedinců. Jeho pokryvnost byla odhadnuta na 5-25 % plochy.

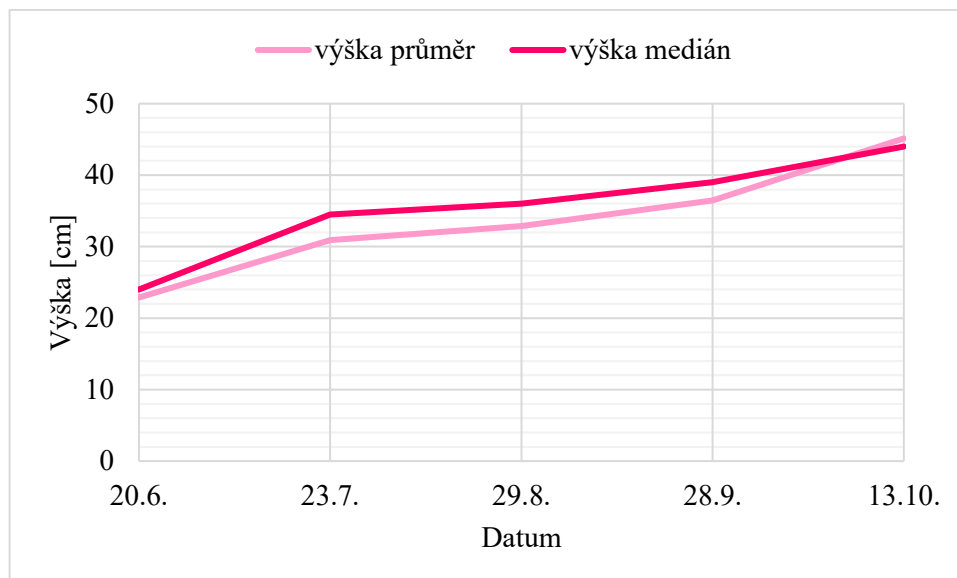
**Rostou zde: E<sub>1</sub>:** *Achillea millefolium* **r**, *Betula pendula* **r**, *Calamagrostis epigejos* +, *Carlina vulgaris* +, *Centaurea pseudophrygia* **1**, *Conyza canadensis* +, *Epilobium angustifolium* +, *Epilobium dodonaei* +, *Festuca ovina* **1**, *Fraxinus excelsior* juv. **r**, *Hypericum perforatum* **1**, *Leucanthemum vulgare* **2**, *Oenothera glazioviana* +, *Picris hieracioides* +, *Poa nemoralis* **r**, *Solidago canadensis* **2**, *Verbascum densiflorum* **r**.

Samotná ploška snímku FC1 byla bohatá na jedince zlatobýlu. Na začátku sledovaného období jich bylo naměřeno 69, kdy mnoho z nich dosahovalo výšky jen několika cm. Do října vydrželo už jen 38 klonů. Za dobu měření rostliny vyrostly zhruba o 20-22 cm (viz Tabulka 3).

**Tabulka 3: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP1**

| Datum               | 20.6. | 23.7. | 29.8. | 28.9. | 13.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 23    | 31    | 33    | 36    | 45     | 22 cm  |
| Výška medián [cm]   | 24    | 35    | 36    | 39    | 44     | 20 cm  |
| Počet jedinců       | 69    | 58    | 58    | 53    | 38     | 31 ks  |

Graf 1 znázorňuje výškový vývoj jedinců v této plošce.



Graf 1: Vývoj vzrůstu druhu v MP1

Ani jeden ze zlatobýlů v této plošce nedosáhl stadia kvetení, tedy ani tvorby semen.

**Další druhy v plošce:** *Achillea millefolium*, *Epilobium angustifolium*, *Hypericum perforatum*, *Leucanthemum vulgare*, *Picris hieracioides*.

## 6.2 FC2 a monitorovací ploška č. 2

Zde rostlo zlatobýlů o poznání méně, jejich pokryvnost byla do 1 %. I v tomto snímku tento druh dosáhl tvorby květů a semen, přibližně ve stejnou dobu jako u prvního snímku. Povedlo se to však odhadem asi jen pěti jedincům.

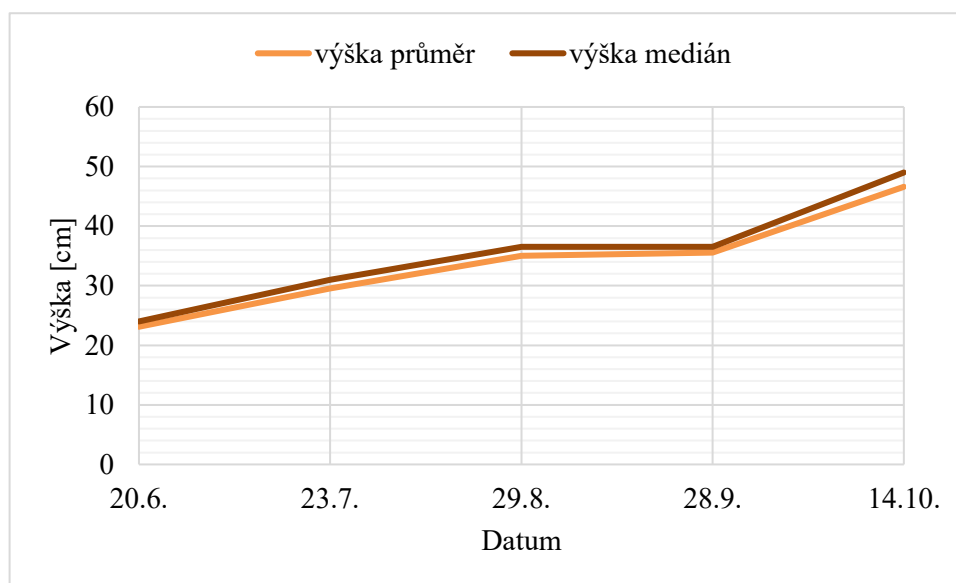
**Rostou zde: E1:** *Acer pseudoplatanus* juv. **r**, *Achillea millefolium* **r**, *Betula pendula* juv. +, *Calamagrostis epigejos* +, *Carlina vulgaris* **r**, *Conyza canadensis* **r**, *Epilobium angustifolium* **r**, *Epilobium dodonaei* **r**, *Erigeron annuus* **r**, *Festuca ovina* **1**, *Fraxinus excelsior* juv. +, *Hypericum perforatum* +, *Leucanthemum vulgare* +, *Oenothera glazioviana* +, *Picris hieracioides* **1**, *Pinus sylvestris* juv. **r**, *Poa nemoralis* +, *Quercus robur* juv. **r**, *Salvia verticillata* **1**, *Solidago canadensis* +, *Taraxacum sect. Ruderalia* **r**, *Verbascum densiflorum* **r**.

V MP2 zlatobýlů příliš nerostlo, avšak během sledovaného období klony průběžně tolik neodumíraly. Do září jich zde stále rostlo 18, až v polovině října jejich počet klesl na 10. Během měření zde rostliny povyroستly o trochu více než v MP1 (viz Tabulka 4).

**Tabulka 4: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP2**

| Datum               | 20.6. | 23.7. | 29.8. | 28.9. | 14.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 23    | 30    | 35    | 36    | 47     | 23 cm  |
| Výška medián [cm]   | 24    | 31    | 37    | 37    | 49     | 25 cm  |
| Počet jedinců       | 18    | 18    | 18    | 18    | 10     | 8 ks   |

Vývoj výšek během období měření prýtů ukazuje Graf 2.



**Graf 2: Vývoj vzrůstu druhu v MP2**

Ani v této plošce zlatobýl nedosáhl stadia kvetení, tudíž ani tvorby semen.

**Další druhy v plošce:** *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*, *Salvia verticillata*.

### 6.3 FC3 a monitorovací ploška č. 3

Zlatobýl kanadský ve třetím snímku pokrýval maximálně 1 % plochy. Všichni jedinci byli dost drobní a ztráceli se v okolní husté vegetaci. Ani jeden z nich nedosáhl stadia kvetení, natož tvorby semen.

**Rostou zde:** E<sub>2</sub>: *Salix alba* 1, E<sub>1</sub>: *Acer pseudoplatanus* juv. r, *Achillea millefolium* +, *Alnus incana* juv. r, *Betula pendula* juv. 1, *Carpinus betulus* juv. +, *Clinopodium vulgare* r, *Conyza canadensis* r, *Cornus sanguinea* juv. +, *Crataegus* juv. +, *Epipactis palustris* r, *Erigeron annuus* +, *Euphorbia cyparissias* r, *Festuca ovina* 1, *Geranium robertianum* r, *Holcus lanatus* 1, *Hypericum perforatum* +, *Larix decidua* juv. r, *Leucanthemum vulgare* r, *Lotus corniculatus* +, *Lychnis flos-cuculi* r, *Malus* juv. r,

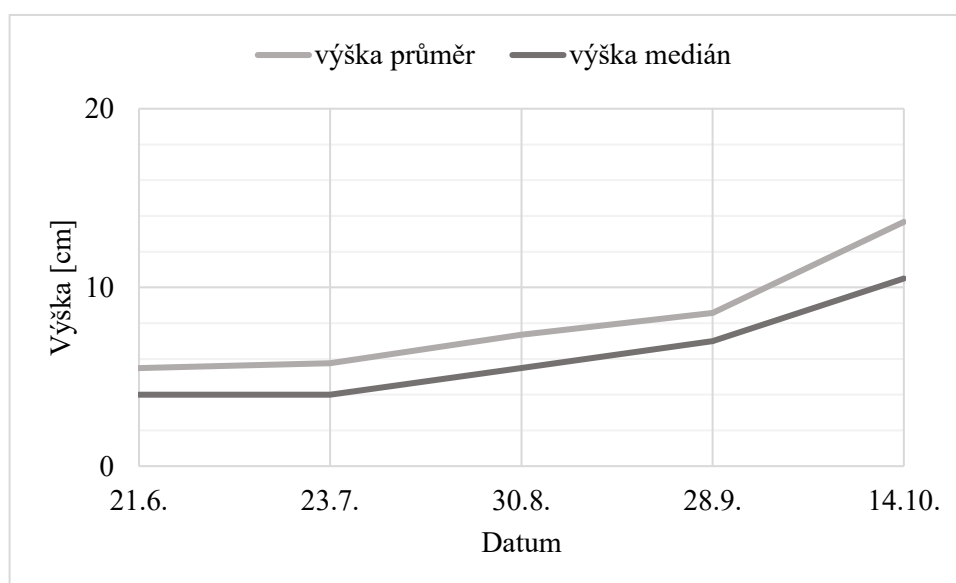


*Medicago lupulina* **1**, *Melilotus albus* **r**, *Odontites vernus* **+**, *Oenothera glazioviana* **+**, *Phragmites australis* **+**, *Picea abies* juv. **+**, *Picris hieracioides* **1**, *Pinus sylvestris* juv. **r**, *Poa nemoralis* **1**, *Populus tremula* juv. **r**, *Quercus petraea* juv. **r**, *Quercus robur* juv. **r**, *Rosa canina* juv. **r**, *Rumex* **r**, *Salix alba* juv. **r**, *Solidago canadensis* **+**, *Stellaria graminea* **1**, *Trifolium pratense* **1**, *Valeriana officinalis* **r**, *Verbascum densiflorum* **r**.

Ve třetí monitorovací plošce byly zlatobýly vůbec nejnížší. Jejich výška se pohybovala v červnu okolo 5 cm a do října vzrostly jen o dalších několik cm (výškový vývoj v Grafu 3). Navíc jejich úbytek byl ještě větší než v MP1 (hodnoty viz následující Tabulka 5).

**Tabulka 5: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP3**

| Datum               | 20.6. | 23.7. | 29.8. | 28.9. | 14.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 5     | 6     | 7     | 9     | 14     | 8 cm   |
| Výška medián [cm]   | 4     | 4     | 6     | 7     | 11     | 7 cm   |
| Počet jedinců       | 41    | 38    | 20    | 14    | 6      | 35 ks  |



**Graf 3: Vývoj vzrůstu druhu v MP3**

Za takového stavu nedosáhl generativní reprodukce ani jeden jedinec. V rámci této plošky rostlo poměrně dost jiných, zdatnějších druhů.

**Další druhy v plošce:** *Alnus incana*, *Betula pendula*, *Conyza canadensis*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus*, *Erigeron annuus*, *Euphorbia cyparissias*, *Festuca ovina*,

*Hypericum perforatum*, *Medicago lupulina*, *Odontites vernus*, *Oenothera glazioviana*, *Picea abies*, *Picris hieracioides*, *Salix alba*, *Stellaria graminea*, *Trifolium pratense*.

#### 6.4 FC4 a monitorovací ploška č. 4

Jedinci zkoumaného zlatobýlu zde zvládli vykvést i vytvořit semena přibližně ve stejnou dobu jako u FC1 a FC2. Pokryvnost zlatobýlem byla odhadnuta na maximálně 1 % plochy. Celkově zde bylo ze všech osmi snímků viditelně nejnižší pokrytí plochy vegetací.

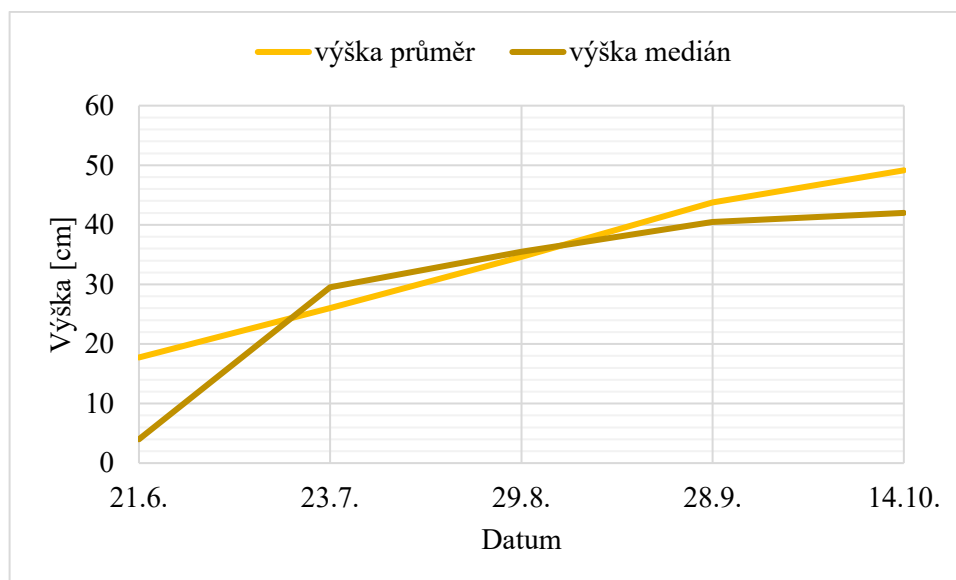
**Rostou zde:** E<sub>1</sub>: *Acer pseudoplatanus* juv. r, *Arenaria serpyllifolia* +, *Calamagrostis epigejos* 1, *Centaurea pseudophrygia* r, *Conyza canadensis* 1, *Erysimum hieraciifolium* r, *Festuca ovina* +, *Hypericum perforatum* 2, *Oenothera glazioviana* 2, *Picris hieracioides* +, *Poa nemoralis* +, *Solidago canadensis* +, *Taraxacum sect. Ruderalia* +, *Verbascum densiflorum* r.

Podle Tabulky 6 byla MP4 na počet klonů zlatobýlu poměrně chudá – z původních 15 jedinců přežilo do poloviny října jen 7 nejvyšších z nich. Avšak přírůstek byl zde vůbec nejvyšší ze všech plošek. Zlatobýl zde zvětšil svou výšku zhruba o 31-38 cm.

**Tabulka 6: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP4**

| Datum               | 20.6. | 23.7. | 29.8. | 28.9. | 14.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 18    | 26    | 35    | 44    | 49     | 31 cm  |
| Výška medián [cm]   | 4     | 30    | 36    | 41    | 42     | 38 cm  |
| Počet jedinců       | 15    | 12    | 10    | 8     | 7      | 8 ks   |

Graf 4 zachycuje růst výšek jedinců v čase.



Graf 4: Vývoj vzrůstu druhu v MP4

Tato monitorovací ploška byla jedna z mála, kde se povedlo zachytit kvetení a zrání nažek. Tento jev byl pozorován u nejvyššího prýtu o konečné výšce 103 cm. Po analýze v laboratoři bylo vypočteno přibližně 29 650 nažek v latě tohoto jedince. Hodnota HTS vyšla 0,042 g.

**Další druhy v plošce:** *Arenaria serpyllifolia*, *Calamagrostis epigejos*, *Conyza canadensis*, *Hypericum perforatum*, *Oenothera glazioviana*.

## 6.5 FC5 a monitorovací ploška č. 5

Pokryvnost zlatobýlem zde dosáhla přibližně 5-25 % a asi pětina vzrostlých jedinců se podařilo dosáhnout kvetení i tvorby semen. Navíc stadia kvetení a plození dosáhli nejdříve ze všech sledovaných snímků – dříve než u FC1, FC2 i FC4.

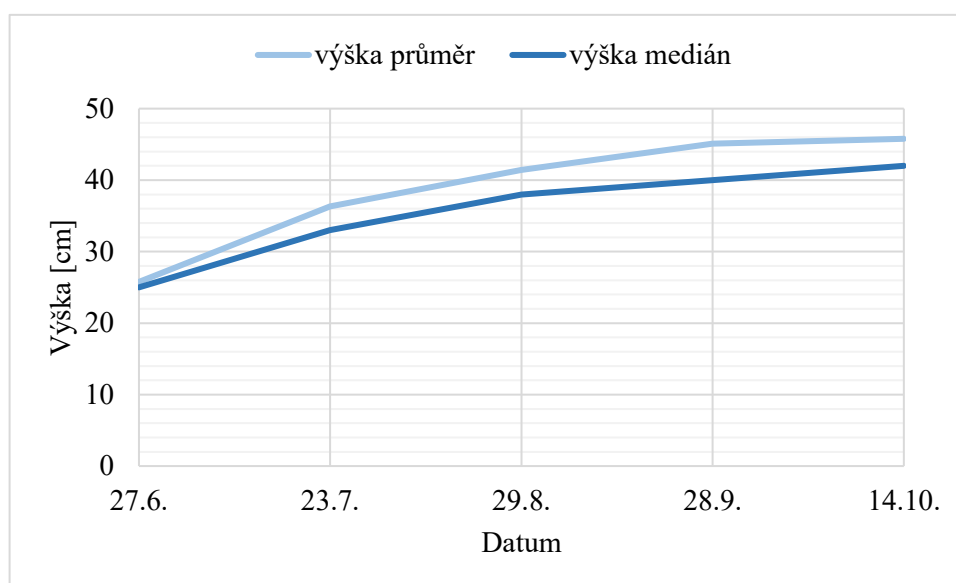
**Rostou zde: E1:** *Acer pseudoplatanus* juv. **1**, *Arenaria serpyllifolia* **r**, *Calamagrostis epigejos* **1**, *Calystegia sepium* **r**, *Centaurea pseudophrygia* +, *Clinopodium vulgare* +, *Conyza canadensis* **1**, *Cornus sanguinea* juv. **r**, *Epilobium dodonaei* **r**, *Erigeron annuus* **r**, *Fraxinus excelsior* juv. **r**, *Hypericum perforatum* **2**, *Melilotus albus* +, *Oenothera glazioviana* **1**, *Picris hieracioides* +, *Pinus sylvestris* juv. **r**, *Poa nemoralis* +, *Quercus robur* juv. **r**, *Rosa canina* juv. **r**, *Solidago canadensis* **2**, *Taraxacum sect. Ruderalia* **r**, *Tilia cordata* juv. **r**, *Tussilago farfara* **r**, *Verbascum densiflorum* **r**.

V plošce tohoto snímku, jak ukazuje Tabulka 7, se z původních 63 jedinců dočkalo podzimu 45 z nich, kteří přibližně vzrostli o 17-20 cm. Tato ploška byla počtem prýtů srovnatelná s MP1, avšak v MP5 jich za sledované období neuhynulo tolik.

**Tabulka 7: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP5**

| Datum               | 27.6. | 23.7. | 29.8. | 28.9. | 14.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 26    | 36    | 41    | 45    | 46     | 20 cm  |
| Výška medián [cm]   | 25    | 33    | 38    | 40    | 42     | 17 cm  |
| Počet jedinců       | 63    | 51    | 49    | 45    | 45     | 18 ks  |

Výškový vývoj prýtů v plošce znázorňuje tento Graf 5.



**Graf 5: Vývoj vzrůstu druhu v MP5**

V rámci této plošky dosáhli stadia nakvétání dva jedinci. Do podzimu se však vykvést a vytvořit semena povedlo jen jednomu z nich. Nižší jedinec začal s tvorbou květenství příliš pozdě. Nažek v latě úspěšného jedince bylo podle výpočtu přibližně 19 950. Tisíc těchto semen vážilo 0,030 g.

**Další druhy v plošce:** *Calamagrostis epigejos*, *Calystegia sepium*, *Centaurea pseudophrygia*, *Conyza canadensis*, *Hypericum perforatum*, *Rosa canina*.

## 6.6 FC6 a monitorovací ploška č. 6

V podmínkách šestého snímku zlatobýl pokrýval méně než 1 % plochy. Kvetení a produkce semen dosáhli asi jen dva jedinci, kteří rostli hned u pěšiny – poskytlo jim to o trochu více slunečního světla.

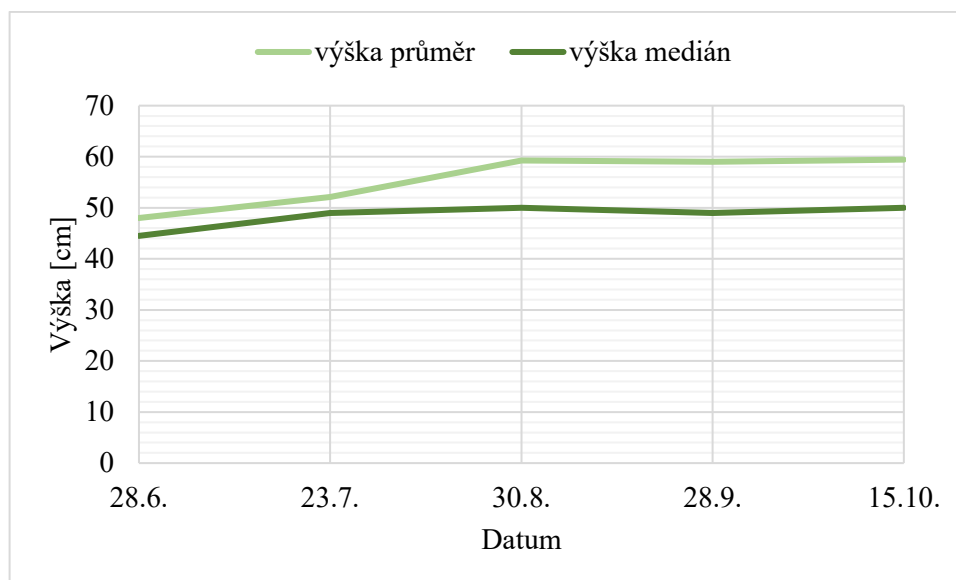
**Rostou zde:** E3: *Alnus glutinosa* r, *Betula pendula* r, *Cornus sanguinea* r, *Malus* r, *Salix* × *fragilis* 1, E2: *Acer pseudoplatanus* r, *Alnus glutinosa* r, *Betula pendula* r, *Carpinus betulus* r, *Cornus sanguinea* +, *Corylus avellana* +, *Tilia platyphyllos* r, E1: *Acer platanoides* juv. r, *Acer pseudoplatanus* juv. +, *Achillea millefolium* +, *Alnus glutinosa* juv. +, *Artemisia vulgaris* +, *Athyrium filix-femina* r, *Betula pendula* juv. r, *Calamagrostis epigejos* +, *Carpinus betulus* juv. +, *Circaea lutetiana* +, *Cirsium oleraceum* +, *Cornus sanguinea* juv. 1, *Crataegus* juv. r, *Daucus carota* r, *Epilobium parviflorum* +, *Equisetum telmateia* r, *Erigeron annuus* 1, *Eupatorium cannabinum* r, *Fragaria vesca* 1, *Fraxinus excelsior* juv. +, *Galium aparine* r, *Hieracium* +, *Hypericum maculatum* 1, *Lycopus europaeus* +, *Lysimachia nummularia* r, *Medicago lupulina* r, *Melilotus albus* r, *Oenothera glazioviana* r, *Phragmites australis* r, *Picea abies* juv. +, *Poa trivialis* r, *Prunus* juv. +, *Quercus petraea* juv. r, *Rosa canina* juv. r, *Rubus caesius* +, *Solidago canadensis* +, *Tanacetum vulgare* r, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* r, *Thalictrum aquilegiifolium* r, *Tilia platyphyllos* juv. r, *Torilis japonica* r, *Trifolium repens* r, *Tussilago farfara* r.

V MP6 se podle Tabulky 8 vyskytovalo velmi málo jedinců zlatobýlu, naproti tomu do října zde uhynul jen jeden prýt. Tato ploška byla typická malým nárůstem výšky zlatobýlů během doby měření, přesto zde klony vyrostly o několik cm více než v MP3.

**Tabulka 8: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP6**

| Datum               | 28.6. | 23.7. | 30.8. | 28.9. | 15.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 48    | 52    | 59    | 59    | 59     | 11 cm  |
| Výška medián [cm]   | 45    | 49    | 50    | 49    | 50     | 6 cm   |
| Počet jedinců       | 8     | 8     | 7     | 7     | 7      | 1 ks   |

Malý nárůst výšky zdejších jedinců je patrný i z Grafu 6.



Graf 6: Vývoj vzrůstu druhu v MP6

I přes fakt, že v této plošce uhynul jen jediný klon, nedosáhl žádný z nich kvetení, a tedy ani tvorby semen.

**Další druhy v plošce:** *Acer pseudoplatanus*, *Achillea millefolium*, *Calamagrostis epigejos*, *Carpinus betulus*, *Circaea lutetiana*, *Cirsium oleraceum*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Epilobium parviflorum*, *Erigeron annuus*, *Fragaria vesca*, *Fraxinus excelsior*, *Hypericum maculatum*, *Medicago lupulina*, *Picea abies*, *Poa trivialis*, *Prunus*, *Quercus petraea*, *Salix* × *fragilis*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia*.

## 6.7 FC7 a monitorovací ploška č. 7

V sedmém snímku pokrýval zlatobýl asi 5-25 % plochy. Stadia kvetení a tvorby semen však dosáhl jen zlomek z nich. Jedinci tohoto snímku kvetli a plodili nejpozději ze všech zkoumaných ploch.

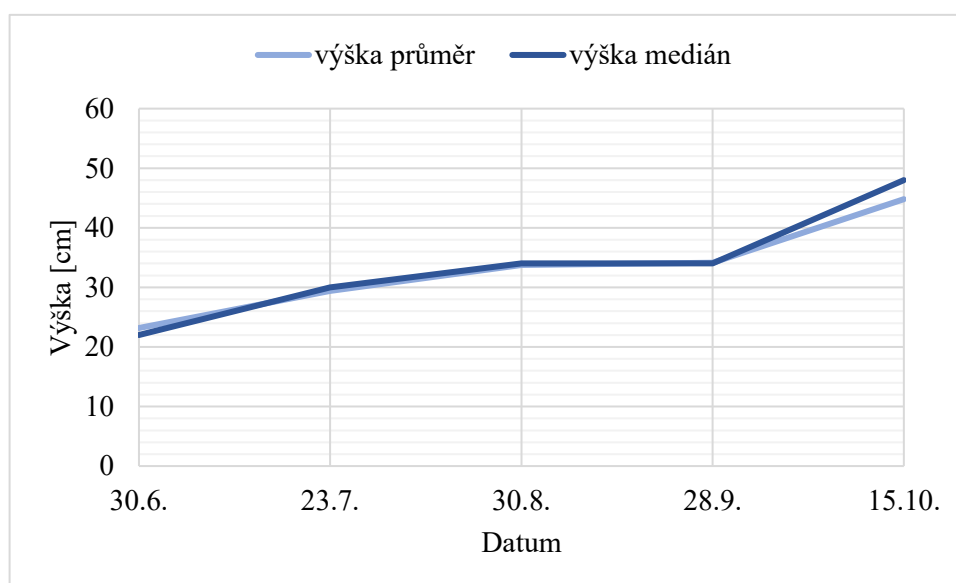
**Rostou zde:** E3: *Betula pendula* +, *Malus* r, E2: *Betula pendula* r, *Picea abies* r, *Pinus sylvestris* r, *Salix alba* r, E1: *Acer pseudoplatanus* juv. r, *Arenaria serpyllifolia* 1, *Betula pendula* juv. +, *Calamagrostis epigejos* r, *Centaurea pseudophrygia* r, *Conyza canadensis* +, *Crataegus* juv. r, *Erigeron annuus* r, *Erysimum hieraciifolium* r, *Festuca ovina* r, *Malus* juv. +, *Medicago lupulina* +, *Melilotus albus* 1, *Oenothera glazioviana* +, *Picea abies* juv. r, *Poa nemoralis* +, *Quercus robur* juv. r, *Salix alba* juv. r, *Solidago canadensis* 2.

Sedmá ploška vykazovala podobný vzrůst jedinců zlatobýlu jako MP2. Jejich počet byl během léta konstantní a celkově během doby sledování ubylo 12 prýtů. Přesnější hodnoty ukazuje Tabulka 9, graficky je vývoj zachycen v Grafu 7.

**Tabulka 9: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP7**

| Datum               | 30.6. | 23.7. | 30.8. | 28.9. | 15.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 23    | 29    | 34    | 34    | 45     | 22 cm  |
| Výška medián [cm]   | 22    | 30    | 34    | 34    | 48     | 26 cm  |
| Počet jedinců       | 17    | 15    | 15    | 15    | 5      | 12 ks  |

Ani v této plošce žádný zlatobýl nevykvetl a netvořil semena.



**Graf 7: Vývoj vzrůstu druhu v MP7**

**Další druhy v plošce:** *Arenaria serpyllifolia*, *Centaurea pseudophrygia*, *Malus*, *Medicago lupulina*, *Poa nemoralis*.

## 6.8 FC8 a monitorovací ploška č. 8

Zlatobýlům se zde příliš nevedlo – plochu snímku pokrývali maximálně z 1 % a ani jednomu z nich se nepodařilo vykvést, k tvorbě semen tedy také nedošlo.

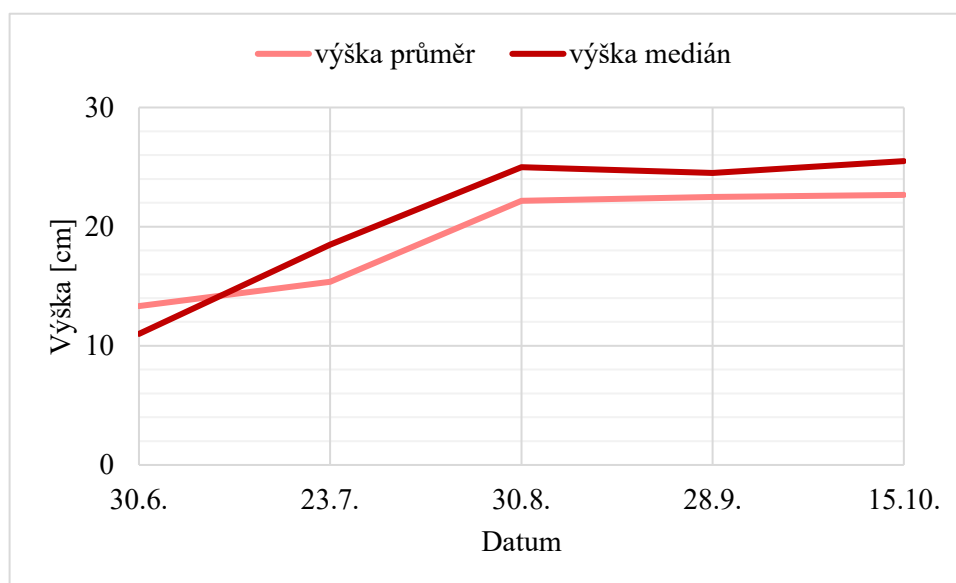
**Rostou zde:** E3: *Betula pendula* r, *Malus* +, E2: *Betula pendula* r, E1: *Achillea millefolium* +, *Arenaria serpyllifolia* +, *Astragalus glycyphyllos* r, *Betula pendula* juv. +, *Calamagrostis epigejos* +, *Centaurea pseudophrygia* +, *Clinopodium vulgare* r, *Conyza canadensis* +, *Cornus sanguinea* juv. +, *Daucus carota* r, *Erigeron annuus* +, *Festuca*

*ovina* +, *Holcus lanatus* r, *Lathyrus sylvestris* +, *Leucanthemum vulgare* +, *Lotus corniculatus* 1, *Lupinus polyphyllus* +, *Medicago lupulina* 1, *Melilotus albus* +, *Odontites vernus* 1, *Oenothera glazioviana* +, *Pinus sylvestris* juv. r, *Poa nemoralis* r, *Quercus petraea* juv. r, *Quercus robur* juv. r, *Solidago canadensis* +, *Tanacetum vulgare* r, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* r, *Trifolium hybridum* +, *Trifolium pratense* r, *Valeriana officinalis* r, *Verbascum densiflorum* r, *Vicia cracca* 1.

Poslední MP8, podle Tabulky 10, také neobsahovala mnoho jedinců zlatobýlu. Jejich výškový přírůstek (viz Graf 8) i úbytek jedinců byl během období monitorování malý.

**Tabulka 10: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP8**

| Datum               | 30.6. | 23.7. | 30.8. | 28.9. | 15.10. | rozdíl |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Výška průměrná [cm] | 13    | 15    | 22    | 23    | 23     | 9 cm   |
| Výška medián [cm]   | 11    | 19    | 25    | 25    | 26     | 15 cm  |
| Počet jedinců       | 9     | 8     | 6     | 6     | 6      | 3 ks   |



**Graf 8: Vývoj vzrůstu druhu v MP8**

Nízký vzrůst potvrzuje fakt, že i tato ploška nehostila žádné kvetoucí ani plodící jedince zlatobýlu.

**Další druhy v plošce:** *Arenaria serpyllifolia*, *Betula pendula*, *Calamagrostis epigejos*, *Conyza canadensis*, *Erigeron annuus*, *Festuca ovina*, *Lathyrus sylvestris*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Melilotus albus*, *Odontites vernus*, *Oenothera glazioviana*, *Quercus petraea*, *Vicia cracca*.



## 6.9 Určené svazy společenstev

Na základě zjištěných diagnostických, konstantních a dominantních druhů (v Příloze 2) byla společenstva všech 4 biotopů klasifikována. Zařazení do hierarchie ukazuje Tabulka 11.

**Tabulka 11: Zařazení společenstev do hierarchie**

| Biotop | Třída                                                         |                                                                          | Kód třídy | Svaz                                                                                |                                                                    | Kód svazu |
|--------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| A      | Suchomilná ruderalní vegetace s dvouletými a vytrvalými druhy | <i>Artemisietea vulgaris</i><br>Lohmeyer et al.<br>ex von Rochow<br>1951 | XC        | Ruderalní vegetace dvouletých až víceletých druhů na mělkých kamenitých substrátech | <i>Dauco carotae-Melilotion</i><br>Görs ex Rostański et Gutte 1971 | XCB       |
| D      |                                                               |                                                                          |           |                                                                                     |                                                                    |           |
| B      | Louky a mezofilní pastviny                                    | <i>Molinio-Arrhenatheretea</i><br>Tüxen 1937                             | TD        | Střídavě vlhké bezkolencové louky                                                   | <i>Molinion caeruleae</i><br>Koch 1926                             | TDD       |
| C      | Mokřadní olšiny a vrbiny                                      | <i>Alnetea glutinosae</i> Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff et al.<br>1946    | LA        | Mokřadní vrbiny                                                                     | <i>Salicion cinereae</i><br>Müller et Görs ex Passarge 1961        | LAB       |

**Svaz XCB** je většinou tvořen iniciálními porosty, často druhově bohatými, rostoucími na sušších antropogenních substrátech s ještě nevyvinutou půdou. Na počátku jejich vývoje se zde uplatňují většinou druhy šířící se z okolí. Typicky jsou zastoupeny dvouletými až vytrvalými ruderalními bylinami a uplatňují se zde také luční dvouděložné byliny a trávy (Chytrý, 2009).

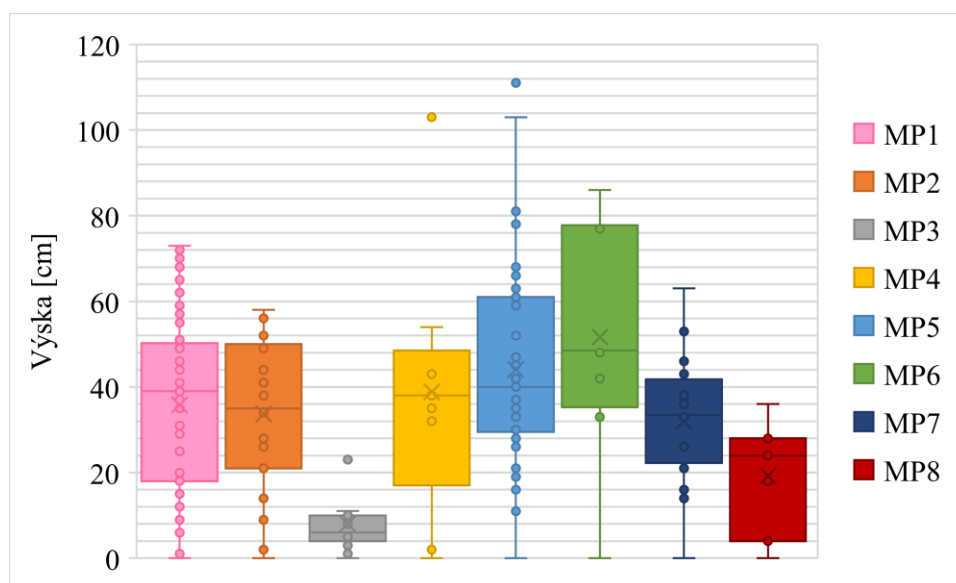
Zato **svaz TDD** tvoří středně vysoké a druhově bohaté porosty s hustě propojeným bylinným patrem s druhy častými pro střídavě vlhké půdy. Mechové patro je v něm poměrně vyvinuté. Vegetace tohoto svazu je přizpůsobena kolísání hladiny podzemní vody během vegetačního období a roste většinou na minerálních, často oglejených půdách (Chytrý, 2007).

Vegetace **svazu LAB** je tvořena převážně vrbami vázanými na mokřadní biotopy. Bylinné patro je zde kvůli zastínění poměrně sporadické a nemá vlastní typické druhy. Vyskytuje se v blízkosti řek a vodních nádrží na neutrálních půdách s větším množstvím živin (Chytrý, 2013).

## 6.10 Celkový přehled výsledků

Celkově byl počet květenství v rámci monitorovacích plošek minimální a neodpovídal zcela reprezentativnímu vzorku květenství v rámci FC, neboť volba monitorovacích plošek proběhla na jaře, kdy nelze poznat, které prýty dosáhnou kvetení.

Vzrůst zlatobýlu se v každé monitorovací plošce lišil. Následující Graf 9 znázorňuje srovnání všech osmi plošek z hlediska výšky prýtů. Vybrány byly výšky vždy z konce období růstu, tedy z konce měsíce září.



Graf 9: Srovnání vzrůstu druhu ve všech MP (28.9.)

Tabulka 12 popisuje shrnutí výsledných hodnot analýzy pro všechny fytocenologické snímky včetně zjištěného svazu společenstva.

Tabulka 12: Přehled výsledků fytocenologické analýzy a určení svazu společenstva

| Snímek | Biotop | Svaz společenstva               | 100 m <sup>2</sup> |           |                    |
|--------|--------|---------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|
|        |        |                                 | Počet druhů        | S-W index | Index vyrovnanosti |
| FC1    | A      | <i>Dauco carotae-Melilotion</i> | 17                 | 2,34      | 0,84               |
| FC2    |        |                                 | 22                 | 3,00      | 0,97               |
| FC4    |        |                                 | 14                 | 2,17      | 0,82               |
| FC5    |        |                                 | 24                 | 2,69      | 0,85               |
| FC7    | D      |                                 | 20                 | 2,84      | 0,88               |
| FC8    |        |                                 | 34                 | 3,51      | 0,98               |
| FC3    | B      | <i>Molinion caeruleae</i>       | 41                 | 3,63      | 0,97               |
| FC6    | C      | <i>Salicion cinereae</i>        | 46                 | 3,92      | 0,98               |

V Tabulce 13 je uveden přehled výsledků všech monitorovacích plošek.

**Tabulka 13: Přehled výsledků analýzy všech monitorovacích plošek**

| Ploška | Biotop | 1 m <sup>2</sup>                |                               |                     |                |                  |             |         |
|--------|--------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|------------------|-------------|---------|
|        |        | Počet jedinců na začátku měření | Počet jedinců na konci měření | Úbytek jedinců [ks] | Přírůstek [cm] | Počet květenství | Počet semen | HTS [g] |
| MP1    | A      | 69                              | 38                            | 31                  | 20-22          | 0                | 0           | -       |
| MP2    |        | 18                              | 10                            | 8                   | 23-25          | 0                | 0           | -       |
| MP4    |        | 15                              | 7                             | 8                   | 31-38          | 1                | 29 650      | 0,042   |
| MP5    |        | 63                              | 45                            | 18                  | 17-20          | 1                | 19 950      | 0,030   |
| MP7    | D      | 17                              | 5                             | 12                  | 22-26          | 0                | 0           | -       |
| MP8    |        | 9                               | 6                             | 3                   | 9-15           | 0                | 0           | -       |
| MP3    | B      | 41                              | 6                             | 35                  | 7-8            | 0                | 0           | -       |
| MP6    | C      | 8                               | 7                             | 1                   | 6-11           | 0                | 0           | -       |

## 7 DISKUSE

Na základě výsledků fytocenologické analýzy byly pro 4 biotopy v zájmovém území odkaliště určeny 3 svazy společenstev: *Dauco carotae-Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971, *Molinion caeruleae* Koch 1926 a *Salicion cinereae* Müller et Görs ex Passarge 1961. Svaz *Dauco carotae-Melilotion* určila na území odkaliště i Sojneková (2011). Ta zde předpokládala ještě svazy *Eragrostion cilianensi-minoris* Tüxen ex Oberdorfer 1954 a *Fragarion vescae* Tüxen ex von Rochow 1951. Oba tyto svazy se řadí mezi ruderalní a plevelovou vegetaci. I dle výsledků mé práce patřila většina zkoumaných ploch (biotopů A a D pokrývajících většinu území) k ruderalnímu typu vegetace. Odráží to skutečnost, že zkoumaná plocha strusko-popílkového odkaliště je prostředí antropogenního původu, ve kterém sukcese probíhá teprve 20 let (od roku 1998). Přestože mnou určená vegetace se pouze podobá určeným svazům, současné výsledky ukazují, že odkaliště hostí i biotopy podobné přirozeným loukám a mokřadním lesům. Ty se však vyskytují v místech, kde pravděpodobně byla v rámci rekultivace dodatečně dovezena zemina a kde je zajištěna dostatečná vlhkost (biotopy B a C).

Právě v takovýchto biotopech se zlatobýlu kanadskému příliš nevedlo. Jak v břehové, tak i v luční ročně sečené vegetaci byla jeho pokryvnost ve snímcích velmi malá a přírůstky ve výškách prýtů zde byly vůbec nejnižší. Nejvíce zlatobýl prosperoval v prostředí s méně konkurenty v okolí, naopak jeho výskyt byl nejnižší v prostředí s největší biodiverzitou (vyjádřenou S-W indexem). I podle Kabuce et al. (2010) se tento druh vyskytuje v polopřírodních loukách jen zřídka a mnohem častěji se vyskytuje na stanovištích narušených nebo přímo vytvořených člověkem. Toto tvrzení podporují i výsledky mé práce. Zlatobýl o dost více prosperoval na čistě antropogenních substrátech biotopů A a D.

Podle stejných autorů je *Solidago canadensis* vysoce konkurenční bylina, která se v případě naturalizace postupně stává dominantním druhem. Tento fakt odráží i jeho pokryvnost ve snímcích odkaliště, která byla buď velmi malá (do 1 %), nebo naopak zlatobýl pokrývat téměř čtvrtinu plochy. K dominanci zlatobýlu zřejmě pomáhá i jeho vzrůstající alelopatický účinek, který je podle Wanga et al. (2016) umocňován kyselými depozicemi a stresovými faktory. Vzhledem k tomu, že odkaliště se nachází na okraji průmyslového města a většinou na něm panují extrémní podmínky díky tmavému

skeletovitému substrátu vystavenému slunci, může být i to přispívajícím faktorem jeho zdejšího rozvoje. Takové prostředí je pro původní druhy většinou příliš nehostinné.

Pacner (2005) na tomto odkališti zjistil zvýšené koncentrace olova v půdě. Působení tohoto prvku podle Immela et al. (2012) zvyšuje účinnost mykorhizálního soužití zlatobýlu s příslušnými mikroorganismy, což mu pak lépe pomáhá získávat půdní dusík a fosfor, přestože má, podle Votruby (1984), uložený popelový odpad na kališti jen malý obsah organických látek.

Zlatobýl na odkališti dosáhl stadia kvetení jen v místech s největším přísunem slunečního záření, přestože v těchto místech byla současně často nejvíce propustná a suchá půda. Potvrzuje to zjištění Nolfi et al. (2014), podle nichž se tento druh v novém prostředí lépe vyrovnává se suchými podmínkami než s velmi vlhkými, a to mu umožňuje produkovat květy a plody i přes nedostatek vody v půdě.

Přestože kvetoucí zlatobýly byly pozorovány ve většině snímků, v rámci plošek kvetly a plodily jen celkem dva jedinci. V prostředí FC5, kde bylo kvetoucích jedinců nejvíce, kvetoucí prýť vyprodukoval minimálně 19 950 semen. Podle Donga et al. (2006) jeden klon produkuje až 20 000 nažek, avšak prýť ve vyprahlém prostředí FC4 vytvořil minimálně 29 650 semen. Hmotnost tisíce z nich (0,042 g) byla dokonce vyšší než u méně produktivního jedince ze 4. snímku (0,030 g). Jedná se pouze o srovnání dvou let, ale pokud by se toto pravidlo potvrdilo i u okolních jedinců, platilo by, že v sušším a slunnějším prostředí tvoří zlatobýly více semen, která jsou navíc těžší. Pravděpodobně by se jednalo o reakci na stres, kdy rostlina, ve snaze rozšířit své potomstvo až na méně stresové stanoviště, investuje živiny do tvorby většího množství životaschopnějších semen.

## 8 ZÁVĚR

Území odkaliště se ukázalo jako různorodé prostředí, v jehož vymezeném zájmovém území byly určeny 3 rostlinné svazy. Každý z nich patří ke zcela odlišnému typu vegetace a také studovaný druh *Solidago canadensis* prospíval v každém společenstvu odlišně.

Podle mého výzkumu se nejlépe tento druh šířil a množil v ruderální vegetaci, ve které se vyskytovalo minimum konkurenčních druhů rostlin (k malému počtu konkurentů zřejmě přispěl i samotný zlatobýl svými alelopatickými účinky). Tato vegetace se nacházela v nejstresovějších podmínkách odkaliště – na silně osluněných stanovištích s minimem vláhy v tmavém, na živiny chudém a propustném substrátu. Vzhledem k tomu, že právě zde zlatobýl prospíval nejvíce, dá se označit za s-stratéga.

Díky této životní strategii dokázal zlatobýl kanadský využít málo osídlené plochy odkaliště a rozšířit zde svou populaci. Přestože se v naší krajině jedná o invazní druh, kterému se ve volné přírodě snažíme všemožně bránit, prostředí odkaliště může z dlouhodobého hlediska oživit díky vnesení odumřelé biomasy do zdejší chudé půdy. To možná v budoucnu poskytne vhodnější podmínky pro uchycení našich původních druhů rostlin.

Základ pro budoucí ekologickou analýzu druhu *Solidago canadensis* byl vytvořen, podrobnější studium tohoto druhu v daném prostředí může být předmětem dalších akademických prací.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BOBKOVÁ, M. *Antropogenní tvary reliéfu na území města Třinec*. Olomouc, 2010, 28-29. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
2. Česká národní fytoocenologická databáze: Informace pro české uživatele databází a programu Turboveg. *Pracovní skupina pro výzkum vegetace* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2005 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/botany/vegsci/dbase.php?lang=cz>
3. DEMEK, J. a P. MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006, 582. ISBN 80-86064-99-9.
4. DIVÍŠEK, J. a M. CULEK. *Biogeografie* [online]. 2. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2013 [cit. 2018-04-09]. ISBN 978-80-210-6801-8. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr\\_2/web/pages/index\\_book.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr_2/web/pages/index_book.html)
5. DONG, L., J. YANG, H. YU a W. HE. Dissecting *Solidago canadensis*-soil feedback in its real invasion. *Ecology and Evolution* [online]. 2017, 7(7), 2307-2315 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1002/ece3.2743. ISSN 20457758. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ece3.2743>
6. DONG, M., B. LU, H. ZHANG, J. CHEN a B. LI. Role of sexual reproduction in the spread of an invasive clonal plant *Solidago canadensis* revealed using intersimple sequence repeat markers. *Plant Species Biology* [online]. 2006, 21(1), 13-18 [cit. 2018-04-21]. DOI: 10.1111/j.1442-1984.2006.00146.x. ISSN 0913-557X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1442-1984.2006.00146.x>
7. DZIVÁ, D. *Územně analytické podklady pro správní území obce s rozšířenou působností Třinec: Rozbor udržitelného rozvoje území*. Třinec, 2016, 15-16.
8. HENNEKENS, S. M. aj. H.J. SCHAMINÉE. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* [online]. 2001, 12(4), 589-591 [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.2307/3237010. ISSN 11009233. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.2307/3237010>
9. CHYTRÝ, M. a L. TICHÝ. *Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision*. Brno: Masaryk

- University, 2003, 8-10. Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis. ISBN 80-210-3221-9.
10. CHYTRÝ, M. a P. PYŠEK. Kam se šíří zavlečené rostliny?: Invadovanost a invazibilita rostlinných společenstev. *Živa*. 2009b, (2), 60-63.
  11. CHYTRÝ, M. a P. PYŠEK. Kam se šíří zavlečené rostliny?: Rozdíly v invadovanosti velkých území. *Živa*. 2009a, (1), 11-14.
  12. CHYTRÝ, M. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010, 278. ISBN 978-80-87457-03-0.
  13. CHYTRÝ, M., ed. *Vegetace České republiky: Lesní a křovinná vegetace*. Praha: Academia, 2013, 177. ISBN 978-80-200-2299-8.
  14. CHYTRÝ, M., ed. *Vegetace České republiky: Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace*. Praha: Academia, 2009, 226. ISBN 978-80-200-1769-7.
  15. CHYTRÝ, M., ed. *Vegetace České republiky: Travinná a keříčková vegetace*. Praha: Academia, 2007, 209. ISBN 978-80-200-1462-7.
  16. IMMEL, F., J. RENAUT a J. MASFARAUD. Physiological response and differential leaf proteome pattern in the European invasive Asteraceae *Solidago canadensis* colonizing a former cokery soil. *Journal of Proteomics* [online]. 2012, **75**(4), 1129-1143 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1016/j.jprot.2011.10.026. ISSN 18743919. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874391911005355>
  17. JUICE program. *JUICE: version 7.0* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2018 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/>
  18. KABUCE, N. a N. PRIEDE. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet: *Solidago canadensis*. *Online Database of the European Network on Invasive Alien Species* [online]. NOBANIS, 2010, 4 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/s/solidago-canadensis/solidago-canadensis.pdf>
  19. KUBÁT, K., ed. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: Academia, 2002, 223. ISBN 80-200-0836-5.



20. LIPSKÝ, Z. a T. MATĚJČEK. Rostlinné invaze v naší krajině. *Geografické rozhledy*. 2004, **13**(4), 108–109.
21. Metodika zkoušek užité hodnoty: Obecná část. In: *Portál eAGRI: Resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2009, 16 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/112354/ObecnaCast2016.pdf>
22. MICHALCOVÁ, D. Co je to fytocenologický snímek. *Živa*. Academia, SSČ AV ČR, 2010, (6), 265-266. ISSN 0044–4812.
23. MIŽÍK, P. *Solidago canadensis* L.: zlatobýl kanadský / zlatobyl' kanadská. *BOTANY.cz* [online]. Wordpress, 2008 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/solidago-canadensis/>
24. MLÍKOVSKÝ, J. a P. STÝBLO, ed. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP, 2006, 12-462. ISBN 80-86770-17-6.
25. MORAN, E. V., A. REID, J. M. LEVINE a T. CHIANG. Population genetics and adaptation to climate along elevation gradients in invasive *Solidago canadensis*. *PLOS ONE* [online]. 2017, **12**(9), e0185539- [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1371/journal.pone.0185539. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0185539>
26. NEUHÄUSLOVÁ, Z. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky: textová část*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 341. ISBN 80-200-0687-7.
27. NOLF, M., K. PAGITZ a S. MAYR. Physiological acclimation to drought stress in *Solidago canadensis*. *Physiologia Plantarum* [online]. 2014, **150**(4), 529-539 [cit. 2018-04-21]. DOI: 10.1111/ppl.12100. ISSN 00319317. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ppl.12100>
28. PACNER, M. Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrusých hub v Krkonoších a okolí Trince. *Opera Corcontica*. 2005, (42), 91-97.
29. PODSTAWKOVÁ, D. Zajímavé invazní druhy na Těšínsku: Zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*). *Těšínsko*. 2016, **59**(2), 89-91. ISSN 0139-7605.

30. POLÍVKA, F. *Názorná květena zemí koruny české obsahující též čelnější rostliny cizozemské, pěstované u nás pro užitek a okrasu* 3. Olomouc, 1904, 544.
31. PYŠEK, P. a J. SÁDLO. Zavlečené rostliny: Sklízíme, co jsme zaseli?. *Vesmír*. 2004, **83**(1), 35-40.
32. PYŠEK, P., M. CHYTRÝ, J. PERGL, J. SÁDLO a J. WILD. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*. 2012, **84**(3), 626-628. ISSN 0032-7786.
33. QUITT, E. *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971. *Studia Geographica*, 73.
34. SLAVÍK, B. a J. ŠTĚPÁNKOVÁ, ed. *Květena České republiky* 7, 114–123. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1161-7.
35. SOJNEKOVÁ, M. *Fytocenózy odkališť Energetiky Třinec, a.s. a jejich význam v industriální krajině*. Ostrava, 2011, 37. Bakalářská práce. VŠB–TUO.
36. *Solidago canadensis* L.: zlatobýl kanadský. *BioLib.cz* [online]. BioLib, 2018 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id41389/>
37. *Solidago virgaurea*: zlatobýl obecný. *Herbář Wendys* [online]. 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://botanika.wendys.cz/index.php/277-solidago-virgaurea-zlatobyl-obecný>
38. ŠUTOVSKÁ, M., P. CAPEK, M. KOČMÁLOVÁ, S. FRAŇOVÁ, I. PAWLACZYK a R. GANCARZ. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2013, **52**, 192-197 [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2012.09.021. ISSN 01418130. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813012003753>
39. TICHÝ, L. a P. PYŠEK, ed. *Rostlinné invaze*. Brno: Rezekvítek, 2001. ISBN 80-902954-4-4.
40. TICHÝ, L. Uživatelská příručka JUICE: aktualizace pro verzi 6.1.34. In: *JUICE: version 7.0* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2004 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [www.sci.muni.cz/botany/juice/fullman.doc](http://www.sci.muni.cz/botany/juice/fullman.doc)
41. VOTRUBA, L. *Odkaliště*. Praha: 1984, České vysoké učení technické v Praze. 5-24.

42. Výskyt druhu *Solidago canadensis* podle záznamů v ND OP. In: *Portál informačního systému ochrany přírody* [online]. Praha: AOPK ČR, 2018 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: [http://portal.nature.cz/nd-dev/nd\\_atlas\\_mapa\\_q\\_nova.php?idTaxon=39815](http://portal.nature.cz/nd-dev/nd_atlas_mapa_q_nova.php?idTaxon=39815)
43. WAN, L., S. QI, Z. DAI, Ch. B. ZOU, Y. SONG, Z. HU, B. ZHU a D. DU. Growth responses of Canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) to increased nitrogen supply correlate with bioavailability of insoluble phosphorus source. *Ecological Research* [online]. 2018, **33**(1), 261-269 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1007/s11284-017-1552-2. ISSN 0912-3814. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11284-017-1552-2>
44. WANG, C., H. XIAO, L. ZHAO, J. LIU, L. WANG, F. ZHANG, Y. SHI a D. DU. The allelopathic effects of invasive plant *Solidago canadensis* on seed germination and growth of *Lactuca sativa* enhanced by different types of acid deposition. *Ecotoxicology* [online]. 2016, **25**(3), 555-562 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1007/s10646-016-1614-1. ISSN 0963-9292. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10646-016-1614-1>
45. WANG, C., K. JIANG, J. LIU, J. ZHOU a B. WU. Moderate and heavy *Solidago canadensis* L. invasion are associated with decreased taxonomic diversity but increased functional diversity of plant communities in East China. *Ecological Engineering* [online]. 2018, **112**, 55-64 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.12.025. ISSN 09258574. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857417306584>
46. ZHANG, J., F. BI, Q. WANG, et al. Characteristics and influencing factors of cadmium biosorption by the stem powder of the invasive plant species *Solidago canadensis*. *Ecological Engineering* [online]. 2017, 1-7 [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.10.001. ISSN 09258574. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857417305591>
47. Zlatobýl kanadský: *Solidago canadensis*. *Květena ČR* [online]. 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=246>
48. *Zpráva 2005 o charakterizaci oblasti povodí Odry* [online]. Ostrava: Povodí Odry státní podnik, 2004 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.pod.cz/planovani/cz/pripravne-prace-2004/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| FC   | fytocenologický snímek             |
| HTS  | hmotnost tisíce semen              |
| juv. | juvenilní stadium rostliny         |
| MP   | monitorovací ploška                |
| MT   | mírně teplá oblast                 |
| PAH  | polycyklické aromatické uhlovodíky |
| S-W  | Shannon-Wienerův index             |

## SEZNAM UVEDENÝCH ROSTLINNÝCH TAXONŮ

|                                          |                                        |
|------------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Acer platanoides</i> L.               | <i>Circaea lutetiana</i> L.            |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L.            | <i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.    |
| <i>Achillea millefolium</i> L.           | <i>Clinopodium vulgare</i> L.          |
| <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.      | <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.   |
| <i>Alnus incana</i> (L.) Moench          | <i>Cornus sanguinea</i> L.             |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i>            | <i>Corylus avellana</i> L.             |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L.             | <i>Crataegus</i> L.                    |
| <i>Astragalus glycyphyllos</i> L.        | <i>Daucus carota</i> L.                |
| <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth   | <i>Epilobium angustifolium</i> L.      |
| <i>Betula pendula</i> Roth               | <i>Epilobium dodonaei</i> Vill.        |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth  | <i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.   |
| <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.     | <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz |
| <i>Carlina vulgaris</i> L.               | <i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.       |
| <i>Carpinus betulus</i> L.               | <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.      |
| <i>Centaurea pseudophrygia</i> C.A. Mey. | <i>Erysimum hieraciifolium</i> L.      |

|                                            |                                                                            |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <i>Eupatorium cannabinum</i> L.            | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.                         |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> L.            |                                                                            |
| <i>Festuca ovina</i> L.                    | <i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.                                          |
| <i>Fragaria vesca</i> L.                   | <i>Picris hieracioides</i> L.                                              |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.               | <i>Pinus sylvestris</i> L.                                                 |
| <i>Galium aparine</i> L.                   | <i>Poa nemoralis</i> L.                                                    |
| <i>Geranium robertianum</i> L.             | <i>Poa trivialis</i> L.                                                    |
| <i>Hieracium</i> L.                        | <i>Populus tremula</i> L.                                                  |
| <i>Holcus lanatus</i> L.                   | <i>Prunus</i> L.                                                           |
| <i>Hypericum maculatum</i> Crantz          | <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.                                      |
| <i>Hypericum perforatum</i> L.             | <i>Quercus robur</i> L.                                                    |
| <i>Lactuca sativa</i> L.                   | <i>Rosa canina</i> L.                                                      |
| <i>Larix decidua</i> Mill.                 | <i>Rubus caesius</i> L.                                                    |
| <i>Lathyrus sylvestris</i> L.              | <i>Rumex</i> L.                                                            |
| <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.           | <i>Salix</i> × <i>fragilis</i> L.                                          |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.               | <i>Salix alba</i> L.                                                       |
| <i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.          | <i>Solidago altissima</i> L.                                               |
| <i>Lycopus europaeus</i> L.                | <i>Solidago canadensis</i> L.                                              |
| <i>Lychnis flos-cuculi</i> L.              | <i>Solidago gigantea</i> Ait.                                              |
| <i>Lysimachia nummularia</i> L.            | <i>Solidago virgaurea</i> L.                                               |
| <i>Malus</i> Mill.                         | <i>Stellaria graminea</i> L.                                               |
| <i>Medicago lupulina</i> L.                | <i>Tanacetum vulgare</i> L.                                                |
| <i>Melilotus albus</i> Medik.              | <i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i> Kirschner, H. Øllgaard et Štěpánek |
| <i>Odontites vernus</i> (Bellardi) Dumort. | <i>Thalictrum aquilegiifolium</i> L.                                       |
| <i>Oenothera glazioviana</i> Micheli       | <i>Tilia cordata</i> Mill.                                                 |

*Tilia platyphyllos* Scop.

*Tussilago farfara* L.

*Torilis japonica* (Houtt.) DC.

*Valeriana officinalis* L.

*Trifolium hybridum* L.

*Verbascum densiflorum* Bertol.

*Trifolium pratense* L.

*Vicia cracca* L.

*Trifolium repens* L.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1: Mapa území (Mapy.cz, 2018 – upraveno autorem) .....                             | 2  |
| Obrázek 2: Nejvýše položená okrajová hráz (Majewská, 2017) .....                           | 4  |
| Obrázek 3: Přepadová věž a vodní plocha odkaliště (Majewská, 2017) .....                   | 4  |
| Obrázek 4: Lata zlatobýlu kanadského v květu (Majewská, 2017) .....                        | 16 |
| Obrázek 5: Plodící lata zlatobýlu kanadského (Majewská, 2017) .....                        | 16 |
| Obrázek 6: Biotopy na území odkaliště (Mapy Google, 2018 – upraveno autorem) .....         | 23 |
| Obrázek 7: Rozmístění fytoecologických snímků (Mapy Google, 2018 – upraveno autorem) ..... | 24 |
| Obrázek 8: Pohled na FC1 (Majewská, 2017) .....                                            | 25 |
| Obrázek 9: Půda FC1 (Majewská, 2017) .....                                                 | 25 |
| Obrázek 10: Pohled na FC2 (Majewská, 2017) .....                                           | 26 |
| Obrázek 11: Půda FC2 (Majewská, 2017) .....                                                | 26 |
| Obrázek 12: Pohled na FC3 (Majewská, 2017) .....                                           | 27 |
| Obrázek 13: Půdní pokryv FC3 (Majewská, 2017) .....                                        | 27 |
| Obrázek 14: Pohled na FC4 (Majewská, 2017) .....                                           | 27 |
| Obrázek 15: Půda FC4 (Majewská, 2017) .....                                                | 27 |
| Obrázek 16: Pohled na FC5 (Majewská, 2017) .....                                           | 28 |
| Obrázek 17: Půdní pokryv FC5 (Majewská, 2017) .....                                        | 28 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 18: Pohled na FC6 (Majewská, 2017) .....                     | 29 |
| Obrázek 19: Půdní pokryv FC6 (Majewská, 2017) .....                  | 29 |
| Obrázek 20: Pohled na FC7 (Majewská, 2017) .....                     | 30 |
| Obrázek 21: Půda FC7 (Majewská, 2017) .....                          | 30 |
| Obrázek 22: Pohled na FC8 (Majewská, 2017) .....                     | 30 |
| Obrázek 23: Půda FC8 (Majewská, 2017) .....                          | 30 |
| Obrázek 24: Monitorovací plošky v každém z FC (Majewská, 2017) ..... | 34 |
| Obrázek 25: Separace nažek z plodenství (Majewská, 2017) .....       | 35 |
| Obrázek 26: Vážení sta semen (Majewská, 2017) .....                  | 36 |
| Obrázek 27: Semena z celé laty (Majewská, 2017) .....                | 36 |

## SEZNAM GRAFŮ

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Vývoj vzrůstu druhu v MP1 .....                  | 38 |
| Graf 2: Vývoj vzrůstu druhu v MP2 .....                  | 39 |
| Graf 3: Vývoj vzrůstu druhu v MP3 .....                  | 40 |
| Graf 4: Vývoj vzrůstu druhu v MP4 .....                  | 42 |
| Graf 5: Vývoj vzrůstu druhu v MP5 .....                  | 43 |
| Graf 6: Vývoj vzrůstu druhu v MP6 .....                  | 45 |
| Graf 7: Vývoj vzrůstu druhu v MP7 .....                  | 46 |
| Graf 8: Vývoj vzrůstu druhu v MP8 .....                  | 47 |
| Graf 9: Srovnání vzrůstu druhu ve všech MP (28.9.) ..... | 49 |



## SEZNAM TABULEK

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1: Základní charakteristika klimatické oblasti MT9 (Quitt, 1971) .....         | 4  |
| Tabulka 2: Stručná charakteristika biotopů v zájmové části odkaliště .....             | 24 |
| Tabulka 3: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP1 .....                          | 37 |
| Tabulka 4: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP2 .....                          | 39 |
| Tabulka 5: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP3 .....                          | 40 |
| Tabulka 6: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP4 .....                          | 41 |
| Tabulka 7: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP5 .....                          | 43 |
| Tabulka 8: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP6 .....                          | 44 |
| Tabulka 9: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP7 .....                          | 46 |
| Tabulka 10: Výsledné hodnoty výšek a počtu jedinců v MP8 .....                         | 47 |
| Tabulka 11: Zařazení společenstev do hierarchie .....                                  | 48 |
| Tabulka 12: Přehled výsledků fytocenologické analýzy a určení svazu společenstva ..... | 49 |
| Tabulka 13: Přehled výsledků analýzy všech monitorovacích plošek .....                 | 50 |

## SEZNAM PŘÍLOH

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Příloha 1: Zápis fytocenologických snímků v programu JUICE .....                  | 1  |
| Příloha 2: Export zpracovaných dat z programu JUICE .....                         | 3  |
| Příloha 3: Naměřené výšky a počet jedinců zlatobýlu v programu Excel .....        | 12 |
| Příloha 4: Pohledy na jednotlivé MP shora a z profilu v 6., 8. a 10. měsíci ..... | 14 |